DIE OFFENE UNTERSCHENKELFRAKTUR

Diagnostik, Therapie und Heilungsergebnisse

HANS-JÜRGEN SCHONERT

1967

AUS DER CHIRURGISCHEN KLINIK DES KRANKENHAUSES
MÜNCHEN RECHTS DER ISAR
Direktor: Professor Dr. med. G. MAURER

DIE OFFENE UNTERSCHENKELFRAKTUR

Diagnostik, Therapie und Heilungsergebnisse

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

HANS-JÜRGEN SCHONERT

aus Celle

München 1967

LEIDIG-Druck, 8 München 2, Dachauerstr. 46/I, Tel. 592124

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. med. G. MAURER
Mitberichterstatter:	Professor Dr. Dr. R. ZENKER
Dekan:	Professor Dr. F. HOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Dezember 1967

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG	7
ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE	8
FRAKTURMECHANISMUS UND BRUCHFORM	10
DIAGNOSE	14
Schockdiagnose	14
Frakturdiagnose	14
THERAPIE	16
Behandlungsmethoden	16
Wundversorgung	19
konservative Behandlung	21
operative Behandlung	22
Diskussion der Behandlungsmethoden	23
Probleme der Frakturheilung	26
PROPHYLAXE	32
KOMPLIKATIONEN	34
Neurovaskulär	34
Infektion	35
Sudecksche Knochenatrophie	36
Spätkomplikationen	37
Arthrosis deformans	37
Fehlstellungen	38
Pseudarthrose	38
Metallurgische Störungen	39
Frakturkrankheit	40
BERICHT ÜBER KRANKENGUT	41
Resultate	45
lokale Komplikationen	48
Dauer der stationären Behandlung	50
Nachuntersuchungen	52
Schlußfolgerungen	58
ZUSAMMENFASSUNG	62
LITERATURVERZEICHNIS	64

EINLEITUNG

Während man in Kriegszeiten als häufige Verwundung durch Granat- und Schußeinwirkung die offenen Unterschenkelfrakturen findet, ist seit der enormen Zunahme der Verkehrsdichte auch der zivile Sektor mehr und mehr von dieser Verletzung betroffen. Eine genaue Kenntnis von Wesen und Behandlung der offenen Unterschenkelbrüche ist deshalb wichtig, weil sonst anatomische und funktionelle Schäden zurückbleiben, die einen erheblichen Ausfall an Arbeitskraft bedingen können. Aus dieser Sicht stellt sich nicht nur ein medizinisches Problem, sondern zugleich auch ein ökonomisches.

Wir dürfen anfangs noch eine Bemerkung zur Definition "offener" Frakturen machen: Die häufig zu findende Bezeichnung "komplizierte" Frakturen - abgekürzt ("kompl.") womöglich noch mit kompletten Frakturen zu verwechseln - sollte fallengelassen werden. Das Adjektiv "kompliziert" will die Entstehung und die Stellung des Bruches umreißen, es kennzeichnet nicht die Infektionsmöglichkeit des Frakturbereiches von außen. Auch eine primär geschlossene Fraktur - sei es am Radius oder auch am Unterschenkel - wird bei der lokalen Anästhesie durch eine Injektion zum offenen Bruch, da der Bruchspalt durch den Stichkanal mit der keimhaltigen Außenluft in Verbindung gerät. Somit ist die Gefahr einer sekundären Entzündung gegeben, während die Fraktursituation durch diesen Eingriff nicht komplizierter wurde als bei geschlossenen Brüchen. Der Tatsache, daß die hier besprochenen Brüche immer mit Haut- und Weichteilverletzungen einhergehen, kommt die Bezeichnung "offene" Frakturen am nächsten.
Außerdem wird bei dem Patienten, der von seiner "komplizierten" Fraktur hört, leicht die Assoziation von etwas Diffizilem, prognostisch Ungünstigen eintreten, was zu rentenpsychologischen Konsequenzen führen kann.

In früheren Entwicklungsstadien weisen die beiden Knochen des Unterschenkels fast gleiche Stärke auf und stehen ursprünglich beide in Verbindung mit dem Femur. Allmählich gewinnt die Tibia das Übergewicht und wird das Hauptstück, während die Fibula vom Femur abgedrängt wird, so daß sie gegen die Tibia nach abwärts verschoben ist. Bei manchen Tieren ist die Fibula ganz geschwunden.

Der Schaft der Tibia ist bei Erwachsenen unter dem Einfluß der Muskeltätigkeit dreikantig geworden, bei Feten und Kindern bis zum zweiten Lebensjahr besteht noch ein rundlicher Querschnitt. Während der Entwicklung erleidet er eine Torsion in dem Sinne, daß das distale Ende auswärts gedreht wird. Am Schaft der Tibia ragt die Crista ant. stark vor, die aber nicht gerade, sondern auch bei einem normal gebauten Knochen leicht S-förmig gekrümmt ist. Der vordere Schienbeinanteil liegt dicht unter der Haut und ist ohne Vorschaltung einer druckverteilenden Masse zur Perzeption von Druck und Stoß gänzlich ungeeignet. - In einem geraden Bein durchsetzt die Traglinie die Tibia axial. Es fällt also die "statische Achse" des aufrecht stehenden Beines, zugleich aber auch die "dynamische Rotationsachse" mit der Richtung der stärksten Beanspruchung zusammen.

Die Fibula ist ein schlanker, biegsamer Knochen, der von Muskeln umhüllt ist. Das proximale Ende und ein Teil des distalen sind jedoch leicht durch die Haut zu tasten. Während die Tibia durch ihre Struktur ihrer Stützfunktion gerecht wird, stellt das Wadenbein einen federnden Stab mit einer physiologischen Krümmung dar, der sich bei manchen Fußbewegungen verbiegt. Wenn das Sprungbein durch das Umknicken nach außen gegen die durch Bänder zusammengehaltene Malleolengabel drängt, dann verbiegt sich der Fibulaschaft als der längere Hebel nach auswärts gegen die Tibia und kann bei Einwirkung stärkerer Gewalten oberhalb des Knöchels brechen.

Zwischen beiden Knochen spannt sich als sehnige Haut die Membrana interossea. Sie ist oben breit und dünn, wird nach unten schmäler und stärker und geht hier, wo die stärkere Beanspruchung stattfindet, in kräftige Bänder über. Eine Längsverschiebung der Knochen gegeneinander, wird durch Scherfaserpaare verhindert, die aber ein geringes Auseinanderweichen gestatten. Der Hauptanteil der Fasern zieht von der Tibia schräg abwärts zur Fibula, andere Züge kreuzen diese im spitzen Winkel.

Die Muskulatur des Unterschenkels zeigt sich in zwei Gruppen, die antago-

nisch als Flexoren und Extensoren auf die Fuß- und Zehengelenke wirken; lediglich der Triceps surae wirkt als zweigelenkiger Muskel auch auf's Kniegelenk. Durch Fascia cruris, beide Knochen und Membrana interossea werden drei Logen abgegrenzt: Die vordere mit den Streckmuskeln, die rückwärtige für die Beuger und eine dritte für die Mm. peronei.

Eine Nervenschädigung trifft gleich eine ganze Gruppe von Muskeln; Ausfall des Nervus tibialis führt zur Lähmung aller tiefen Beuger, also der Sprunggelenksstrecker und Zehenbeuger, aber auch des Triceps surae, während die Läsion des Nervus peroneus sowohl eine Lähmung der Mm. peronei als auch der Zehenstrecker und der dorsal flektierenden Muskeln des Fußes herbeiführt.

Eine mikroskopische Analyse des Unterschenkelknochen soll sich auf die Betrachtung der Tibia beschränken, da sich deren Stützfunktion ohne Zweifel auf die konstruktive Gestaltung auswirkt. Die Kompaktastärke ist in verschiedenen Ebenen des Knochenquerschnittes einer Änderung unterworfen, so daß das Kaliber der Markhöhle stellenweise wechselt. Die engste Stelle sitzt an der Grenze des mittleren zum distalen Drittel. Das mittlere Drittel ist ziemlich eng, von hier erweitert sich der Markraum gleichmäßig nach oben und unten.

Die von Haversschen und Volkmannschen Kanälen durchsetzte Kompakta geht in die Spongiosa über, deren Architektur von der Belastung durch das Körpergewicht bestimmt ist. Besonders in den Tibiaenden ordnen sich die Knochenbälkchen in typischer Weise an, so daß ein vertikales System von Trajektorien entsteht, das durch horizontale Streben verstärkt wird. An diesen Pfeilern wird der Druck nach unten geleitet. Eine abnorm starke Belastung bringt nun das ganze System zum Zusammenbruch, die Frakturlinien laufen in Richtung der Kraftlinien.

Der Versuch, sämtliche Brüche nach bestimmten Gesichtspunkten einzuteilen, stößt auf viele Schwierigkeiten, so daß die unterschiedlichen Angaben über die Bruchart erklärlich werden. Die Bruchmechanismen wie Flexion, Torsion, Kompression und Schub entsprechen den verschiedenen Druck-, Zug- und Abscherspannungen. HITZROT versucht, nach prognostischen Kriterien eine Einteilung der Frakturen zu finden. Folgende vier Gruppen stellt er gegenüber:

1. Unterschenkelbrüche, die ohne besondere Behandlung ein gutes Resultat geben.
2. Unterschenkelbrüche, die bei fachmännischer Reposition gut ausheilen.
3. Unterschenkelbrüche, die trotz fachärztlicher Behandlung kein gutes Resultat ergeben.
4. Unterschenkelbrüche mit auf jeden Fall schlechter Prognose.

Dieser Einteilung ist weder eine anatomische noch eine kausale Aussage zu entnehmen. Ein richtig diagnostizierter Bruch weist oft schon in Richtung einer spezifischen Behandlungsmethode. Aus dieser Sicht scheint es zweckdienlicher, eine Differenzierung der Frakturen nach genetischen (L. Böhler) oder morphologischen (Jahna und Troja) Aspekten zu treffen. Der Kliniker stellt mit wenigen Handgriffen eine Fraktur fest; zu einer näheren Diagnose kommt er nur unter Berücksichtigung anamnestischer Angaben. Der Röntgenologe erst kann eine sichere Beurteilung der Fraktursituation geben. Nach einfachen physikalischen Grundsätzen kann er den Unfallhergang anhand der Bilder rekapitulieren. BÖHLER hat schon darauf hingewiesen, daß die Bruchform noch von mannigfachen Faktoren abhängig ist, wie: Körpergewicht des Verunglückten, sein Alter - abnehmender Kalkgehalt des Knochen - Sturzhöhe, Bodenbeschaffenheit, Geschwindigkeit von Fahrzeugen, Körperstellung, Fußform und Fußstellung.

Wenn wir uns bemühen, eine Korrelation zwischen der genetischen Komponente, nämlich der einwirkenden Kraft und der morphologischen, der Form des Bruches aufzuzeigen, so kann das nur in grob abstrahierender Weise geschehen, d.h. nach den Lehrsätzen der Mechanik muß eine definierte Kraft auf einen Knochen in bestimmter Stellung einwirken. Da diese Forderung an der praktischen Wirklichkeit vorbeigeht, ist eben nur eine globale Einteilung vorzunehmen.

Während BÖHLER bei geschlossenen Unterschenkelschaftbrüchen indirekte Gewalteinwirkung als häufigste Ursache angibt, hat HITZROT für offene Frakturen überwiegend direkte Gewalteinwirkung festgestellt. Das deckt sich mit unseren Erhebungen, ist allerdings bei der Fülle der Verkehrsunfälle nicht verwunderlich.

Die bereits genannten Bruchmechanismen Biegung, Drehung, Stauchung, Abscherung und Abriß wollen wir mit den allgemein üblichen Bruchformen wie Quer-, Schräg-, Stück- und Trümmerfrakturen in Zusammenhang setzen.

Abrißbrüche lassen wir außer Betracht, da hierbei hauptsächlich das distale Ende der Fibula infolge gewaltsamen Muskel- und Bänderzuges betroffen wird.

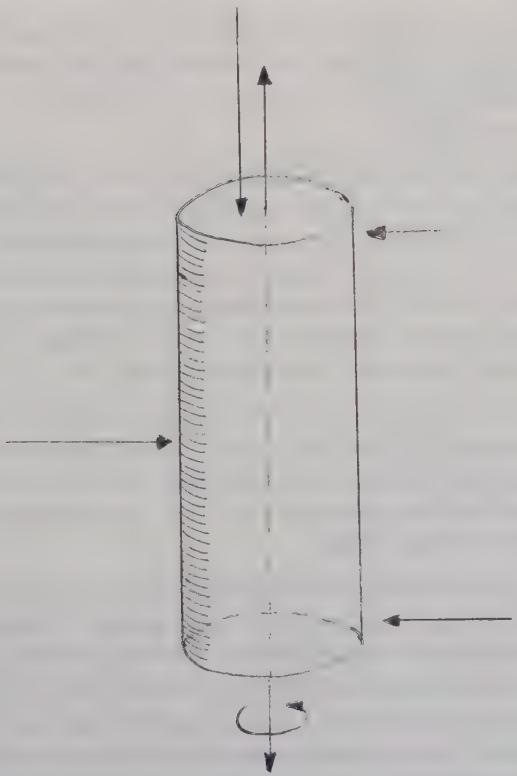


Abb. 1

Veranschaulichen wir uns die Verhältnisse an einem zylindrischen Knochenmodell (Abb. 1): ein Bruch, der durch eine Kraft hervorgerufen wird, die im Sinne einer Rotation (1.) auf den um seine Längsachse drehbaren Zylinder bei einem fixierten Ende einwirkt, nennen wir einen Drehbruch. Sehr häufig finden wir diese Torsionsbrüche bei Skistürzen. Nach der Richtung, in der der Knochen gewunden wird, unterscheiden wir Auswärts- und Einwärtsdrehbrüche. Die Bruchlinie verläuft beim Auswärtsdrehbruch (in Form einer Schraube) von der medialen Seite über die Tibiavorderkante nach lateral, wobei die Spitze des Proximalen Fragmentes medial liegt. Gleicht die Bruchebene einer steilen Schraubenwindung - durch langsame Drehung hervorgerufen - spricht man von "langen", ist sie flacher, so spricht man von "kurzen" (Auswärts-) Drehbrüchen, die durch schnelle Drehbewegung hervorgerufen werden.

Ebenfalls ein Schrägbruch resultiert durch Abbiegung eines Knochens, wenn ein Ende fixiert ist. Wird der Knochen in der Mitte gebogen, indem an den Enden zwei Kräfte angreifen (2.), so kommt es zu Querbrüchen mit Aussprengung eines Biegungskeiles.

Zu einer queren Durchtrennung des Knochens führt direkte Gewalteinwirkung, wie wir sie beim Stoß oder Schub finden, der rechtwinkelig zur Tibiaachse (4.) auftrifft. Eine in gleicher Richtung, nur mit größerer Intensität wirkende Kraft kann zu einem Stückbruch führen. Hier ist die Definition wieder schwieriger, denn den Ausbruch des klassischen Biegungskeiles zählt man ebenfalls zu den Stückbrüchen. Ist jedoch das ganze Knochenrohr zerstört, so liegt - morphologisch betrachtet - ein Trümmerbruch vor.

Fast regelmäßig treten Splitterbrüche bei Kompression in axialer Richtung (3.) auf. Auch durch Querstauchung kann es zu einer Knochendurchtrennung mit multipler Fragmentbildung kommen. Die häufigsten Frakturen dieser Art finden sich an spongiösen Knochen, wobei sehr oft der Diaphysenschaft in das Gelenk eingestaucht wird (MAURER).

Bei diesen indirekten Brüchen wird der umgebende Weichteilmantel infolge Durchspießung der einzelnen Knochenfragmente geschädigt. Daher ist es erklärlich, daß die Gefahr einer Infektion nicht so hoch ist wie bei direkten Brüchen mit meist stark verschmutzter Wunde. ZRUBECKY hat bei 461 offenen Brüchen durch direkte Gewalteinwirkung mit direkter Wunde gleichzeitig noch einen indirekten Bruch mit einer zweiten Wunde festgestellt. Gemäß dem Bruchmechanismus findet man ausgedehnte Weichteilverletzungen bei Biegungsbrüchen, während bei Drehbrüchen gewöhnlich kleinere Wunden auftreten.

Gewalteinwirkung

direkt : Schub —— Querbruch

Stückbruch
a) ringförmiger Fragmentausbruch
b) Fragmentausbruch unter Erhaltung des Knochenrohres
c) Zerstörung des Knochenrohres
= Trümmerbruch

indirekt : Drehung — Schrägbruch

Biegung — Schrägbruch (bei fixiertem Ende = Abbiegung)

Querbruch mit Biegungskeil (bei Kraftansatz an zwei Punkten)

Stauchung - Stückbruch = Trümmer = Splitterbruch

Abb. 2

Schockdiagnose:

Der Verunglückte wird zunächst auf seinen Allgemeinzustand hin beurteilt. In den meisten Fällen liegt ein mehr oder weniger ausgeprägter Schockzustand vor. Die Schockdiagnose stützt sich auf vier klinische Größen:

arterieller Blutdruck
Pulsfrequenz
Zustand der peripheren Zirkulation
Urinsekretion

Der Blutverlust bei Unterschenkelfrakturen schwankt zwischen 100 bis 500 ccm (als Hämatom). Polytraumatisierte verlieren manchmal 20 - 50 % ihres Blutes in die verschiedenen Frakturgebiete !

Die posttraumatisch verringerte Suspensionsstabilität des Blutes führt neben der Extravasation durch das sogenannte "Sludging" einer intravaskulären Pseudoagglutination der Erythrocyten in postkapillären Gefäßen, zur Verringerung der zirkulierenden Erythrocytenmenge (Anämie nach GELIN).

Frakturdiagnose:

Die Erkennung eines frischen offenen Unterschenkelbruches bereitet selten Schwierigkeiten (WITT). Sie stützt sich auf folgende Kardinalsymptome (sichere Zeichen):

Wunde
Deformität
Abnorme Beweglichkeit

Heute sollten bereits die unsicheren Frakturzeichen (Hämatom, Funktionsstörung, Schmerz) den behandelnden Arzt zur Anfertigung von Röntgenaufnahmen veranlassen (MAURER).

Man sucht den Puls der Arteria dorsalis pedis und der Arteria tibialis posterior auf beiden Seiten. Fehlt der Puls auf der verletzten Seite, während man ihn an der gesunden Extremität tastet, können die Gefäße zwischen den Bruchstücken eingeklemmt oder zerrissen sein. Es folgt die Prüfung der Sensibilität,

der Beweglichkeit von Zehen und Sprunggelenken und die Untersuchung der Reflexe.
Die Prüfung der Krepitation sollte man unterlassen, weil sie dem Patienten unnötig Schmerzen bereitet und außerdem zu Nebenverletzungen führen kann. Bei Weichteilinterposition und großer Dislokation ist das Krepitationszeichen oft nicht wahrnehmbar.

Sind die Bruchstücke ineinander verkeilt, können sämtliche sicheren Frakturzeichen fehlen. Häufig sind hierbei auch die unsicheren Frakturzeichen nicht alle vorhanden. Deuten jedoch Beschwerden, wie Druckschmerz, Funktionsausfall und Schmerzen auf eine Fraktur hin, so ist unter allen Umständen eine Röntgenaufnahme in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen anzufertigen. Das muß gefordert werden, auch wenn die Praxis zeigt, daß die exakte Stellung wegen der Schmerzen der Patienten oft nicht eingehalten wird. Deswegen ist eine lokale Anästhesie oder parenterale Verabreichung von Analgetica empfehlenswert.

Um korrekte Röntgenaufnahmen zu erhalten, muß die Bruchstelle zentral eingestellt werden. Die Aufnahmen sollen groß genug sein, damit Achsenstellungen der Bruchfragmente und Ausdehnung der Fraktur richtig beurteilt werden können. Zur exakten Beurteilung der Bruchstellung sowie später auftretender krankhafter Gelenkveränderungen ist eine Miterfassung der benachbarten Gelenke nötig.

Weitere Röntgenaufnahmen zur Kontrolle der Frakturstellung sollen im Verlauf der Behandlung durchgeführt werden. Die Zahl der notwendigen Röntgenkontrollen richtet sich nach der jeweiligen Lokalisation, Art und Versorgung des Bruches. Naturgemäß ist die Anzahl der erforderlichen Kontrollaufnahmen bei operativer Frakturbehandlung geringer, da die Fraktur meist genügend fixiert ist. ALLGÖWER läßt nach 6, 12 und 16 Wochen röntgenologisch kontrollieren. Nach Abschluß der Knochenheilung soll das Endergebnis durch eine Aufnahme festgehalten werden.

Die vorgeschlagenen vielfältigen Behandlungsmethoden zeugen von der Uneinigkeit der Autoren, was offensichtlich auf nicht voll befriedigende Resultate zurückzuführen ist - ein Paradoxon, wenn man bedenkt, wie relativ einfach sich das anatomisch-pathologische und rein klinische Bild oft bietet. Bei der Behandlung von offenen Frakturen ist zu unterscheiden zwischen Prinzipien, die vor allem bei der Wundversorgung unter allen Umständen befolgt werden müssen und deren Einhaltung eine conditio sine qua non für den günstigen Verlauf darstellt und andererseits der Frakturbehandlung selbst. Diese kann im Einzelfall variiert werden und ist in weiten Grenzen eine Ermessensfrage.

Generell soll die offene Fraktur genauso behandelt werden wie die geschlossene. Man muß dazu die Umwandlung eines offenen in einen geschlossenen Bruch anstreben. Sie soll jedoch nicht unter allen Umständen erzwungen werden; denn die unter Spannung liegende Haut führt zu Spätnekrosen und zu schweren sekundären Infekten. Wenn am Bein eine Entlastungsincision nicht einen sofortigen spannungslosen Wundverschluß erlaubt, sollte man erst ein bis zwei Wochen später die plastische Wundbedeckung vornehmen, nachdem man die Zeit überbrückt hat mit Vaseline-bestrichener Gaze (PICOT).

Im Hinblick auf die Prognose ist die Wundversorgung, d.h. die Verhütung einer Wundinfektion ebenso wichtig wie die Reposition. Das mag dadurch erhärtet werden, daß vor Einführung der antiseptischen Verbände die Letalität bei offenen Brüchen der langen Röhrenknochen 40 % betrug.

Der wichtigste Punkt, der beide ärztliche Maßnahmen auf einen Nenner bringt, ist die fortdauernde Ruhigstellung. Sowohl die Wundheilung als auch die Konsolidation der Knochenfragmente schreitet ohne weitere Manipulationen am besten voran (BÖHLER). So sollte man im Interesse einer optimalen Rekonvaleszenz sogar auf eine korrigierende Reposition verzichten, wenn man zwei Stunden nach der Wundexzision feststellt, daß die angestrebte Stellung nicht erzielt ist (BÖHLER).

Behandlungsmethoden:

Bei offenen Brüchen, die indirekt entstanden sind, richtet man sein Augenmerk hauptsächlich auf die Reposition, weil die Versorgung der Wunde, die infolge Durchspießung oft nur Pfenniggröße erreicht, keine großen Anforde-

rungen stellt und manchmal ganz vernachlässigt werden kann. Selbstverständlich verlangen jedoch die Brüche eine Wundexzision, die durch direkte Gewalteinwirkung entstanden sind und naturgemäß mit ausgedehnten Haut- und Weichteilverletzungen einhergehen.

Die Wiener Schule hatte es sich zum Grundsatz gemacht, nur in Ausnahmefällen - auch bei offenen Frakturen - blutig zu reponieren. Selbst nach Einführung der Antibiotika wich BÖHLER nur selten von diesem Prinzip ab, da er durch postoperative Mißerfolge an seiner Klinik hinreichend gewarnt wurde. Besonders der primär offenen Nagelung bei offenen Brüchen sollte man seiner Meinung nach äußerst zurückhaltend gegenüberstehen. Dagegen seien durch verzögerte geschlossene Nagelung in ähnlichen Fällen meist gute Ergebnisse erzielt worden.

Auch heute betrachten nach M.E. MÜLLER noch manche die primäre Osteosynthese von offenen Frakturen als ärztlichen Kunstfehler, Andere Autoren gestatteten die Osteosynthese 2 - 4 Wochen nach dem ersten Eingriff, wenn die operative Wundversorgung zu einer per-primam-Heilung der Wunde geführt hat. Man muß allerdings die größere Gefahr einer Thrombose und Embolie nach längerer Ruhigstellung einkalkulieren (MÜLLER).

Über das erste Gebot der Frakturbehandlung, die strikte Immobilisierung des frakturierten Knochens, ist man sich grundsätzlich einig. Die großen Differenzen treten bei der Frage der äußeren oder inneren Fixation auf. Der Chirurg wird auf der einen Seite von dem Bemühen geleitet, die verlorene Stabilität zu restituieren, auf der anderen Seite mag ihn die Sorge vor postoperativen Komplikationen in seiner Entscheidung beeinflussen. Die Indikationsstellung muß von Fall zu Fall entschieden sein. Man kann sie nicht nur aus dem Röntgenbild stellen, sie erfordert die Erhebung einer genauen Anamnese: liegt eine Thromboseneigung vor oder hat der Patient gar eine Lungenembolie hinter sich, so wird eine frühe Mobilisierung angezeigt sein (REHM). Wenn operative Eingriffe in Frage kommen, muß die Dicke der Corticalis berücksichtigt werden, da bei einer Nagelung eine schmächtige Compakta splittern könnte. Gleichermaßen wichtig ist die Lage des Bruches.
Während wir noch die Einteilung in Bruchteile (Drittel) des Tibiaschaftes beibehalten haben, geben REHN und HIERHOLZER die natürliche Unterteilung in drei Abschnitte durch die Markenge an: das Gebiet oberhalb, im Bereich und unterhalb der Markenge. Die Kaliberschwankungen in diesen Abschnitten sind zu berücksichtigen. Neben lokalen Gegebenheiten muß das Vorgehen von allgemein-chirurgischen, ja mitunter sozialen Gesichtspunkten geleitet werden. Das kompromißlose Festhalten an einer

bestimmten Methodik kann niemals befriedigen.

Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über einige grundlegende Techniken und deren Modifikationen, die dem Arzt zur Auswahl stehen.

Konservative Methoden:

Schienenverband
Gipsverband
Streckverband
Kombination Streck- und Gipsverband

Operative Methoden ohne Eröffnung des Bruches:

Transfixation
Percutane Kirschnerdrahtung

Operative Methoden mit indirekter Eröffnung des Bruches:

Gedeckte Markdrahtung
Gedeckte Marknagelung

Operative Methoden mit direkter Eröffnung des Bruches:

Offene Markdrahtung
Offene Marknagelung (Küntscher, Steinmann, Herzog, Lottes, AO)
Lockere Drahtumschlingung
Feste Drahtumschlingung = Cerclage
Feste Umschlingung mit PARHAM-Band
Feste quere und feste Längsdrahtnaht
Verschraubung
Plattenverschraubung (Lane, AO)

Als sekundäre Operationen werden die Fibulaosteotomie und die Spananlagerung durchgeführt.

Wundversorgung:

Um sich ein Bild von der eminenten Wichtigkeit einer korrekten Wundbehandlung zu machen, sei auf einen Bericht der Mayo-Klinik verwiesen: in einer bakteriologischen Statistik ist dort nachgewiesen worden, daß von über 90 % der infizierten offenen Frakturen die nachgewiesenen Bakterien nicht beim Unfall selbst in die Wunde gelangt sind, sondern daß es sich meist um Spitalinfektionen durch therapieresistente Stämme handelte. Da mehr als 50 % des Pflegepersonals Träger virulenter Keime sind, muß vor der Operation jeder Kontakt mit der Wunde vermieden werden.

Die chirurgische Wundreinigung ist das zuverlässigste Mittel, gute Bedingungen für eine ungestörte Wundheilung zu schaffen. In den ersten Stunden nach der Verletzung finden die in die verschmutzte Wunde eingebrachten Erreger noch nicht das Milieu vor, das für ihre Vermehrung geeignet wäre. Die Wunde ist also noch nicht infiziert, sondern nur mit pathogenen Keimen besiedelt. Daher soll nach Möglichkeit die Wundexzision nicht später als 8 - 10 Stunden nach dem Unfall erfolgen. Unter dem Schutz von Antibiotica läßt sich heute diese Frist auch auf 24 Stunden ausdehnen. Wird ein Patient später eingeliefert, muß man die Wunde als infiziert ansehen. Als Konsequenz darf sie nicht verschlossen werden, man trägt auch nur die oberflächlichen Gewebsnekrosen ab. Im allgemeinen wird der Verletzte jedoch rechtzeitig in die Hände des Arztes gelangen, da ein verzögerter Antransport in die Klinik heute ausgeschlossen werden kann. Wir haben aber Fälle erlebt, bei denen der Bruch beispielsweise in einem lange bestehenden Ulcus cruris lag. Bei dieser Situation ist selbstverständlich eine Infektion des Wundgebietes die Folge, so daß eine primäre Naht nicht in Frage kommt.

Die chirurgische Wundbehandlung muß so ausgedehnt sein, daß sie den Prinzipien der im Frakturbereich ja nicht möglichen FRIEDRICHschen Wundversorgung zumindest nahekommt. Das sofortige Debridement und die Exzision der Wundränder beseitigen das devitalisierte Gewebe, entziehen also den Bakterien den Nährboden. Normalerweise werden die Weichteilwunden in axialer Richtung verlängert und die Fascien quer gespalten. Zerrissene und nekrotische Muskelanteile müssen am zentralen und besonders am peripheren Stumpf weit im Gesunden abgetragen werden, damit vor allem eine Infektion durch Gasbranderreger verhütet wird. Nerven und Gefäße werden revidiert, blutende Gefäße zweckmäßigerweise abgeklemmt, um Ligaturfisteln auszuschalten. Vorliegende Knochensplitter werden sparsam extrahiert; stehen sie jedoch mit dem Periost noch in Verbindung, beläßt

man sie am besten. Der Knochendefekt soll möglichst klein gehalten werden, so daß manche Autoren (MÜLLER) losgelöste Knochensplitter zunächst entfernen, waschen, in Penicillinlösung legen und am Schluß des Eingriffs wieder einlegen. Wir legen in die gereinigte Wunde Drains ein, um Hautspannungen durch eventuell auftretende Blutergüsse zu verhindern. Desinfektionsmittel, in dem Bestreben gegeben, die Mikroben abzutöten, schaden mehr als sie nützen, da sie häufig die lokalen Abwehrkräfte des Organismus zerstören.

Das Schicksal eines jeden offenen Knochenbruches hängt nach der gründlichen chirurgischen Reinigung der Wunde vom Zustand der Haut ab. Bei großen Hautverlusten (primär infolge der Wundexzision) muß man trachten, den Defekt durch Längsschnitte oder Lappenverschiebung zu decken. Die Entspannungsschnitte dürfen nie über einen freiliegenden Knochen führen (BÖHLER) und müssen 5 - 7 cm vom Wundrand entfernt sein. Der Hautdefekt, den die Entlastungsschnitte hinterlassen haben, wird mit Reverdinschen Läppchen oder einem Dermatomlappen gedeckt. WITT und MITTELMEIER geben an, daß sich bei ihnen Reverdin- und Thierschlappen nicht bewährt haben. Bei ausgedehnten Hautdefekten oder tiefreichenden Hautschädigungen häufig mit großen Muskelabrissen sind wir auf plastische Deckung angewiesen. In kurzer Zeit Hautverluste bei optimaler Funktion wiederherzustellen - nach Möglichkeit im Rahmen der primären Wundversorgung - ist erstrebenswert. Allerdings herrschen bei der frischen Versorgung ausgedehnter Quetschung gewöhnlich chirurgisch keine idealen Verhältnisse. Eine Konzeption, die nach ISELIN "Urgence avec operation differée" genannt wird, hat sich in den letzten Jahren bewährt (MAURER). Man versteht darunter eine Vorbereitungszeit auf die Transplantation, in der durch antibakterielle Verbände und Ruhigstellung meist bessere Resultate erzielt werden. Oft entstehen Schwierigkeiten bei der Beurteilung, welche Gewebsanteile abgestorben sind. Am Unterschenkel heilen besonders abgetrennte Hautlappen mit schmalen, distalen Gewebsstücken nicht an trotz farblicher Unauffälligkeit im frischen Stadium. Zur Abklärung greifen wir manchmal auf die Vitalfärbung mit Disulphin-Blau zurück. Bei allen Transplantationen gilt der Grundsatz, daß ein Transplantat umso besser anheilt, je dünner es geschnitten ist. Selbst bei schlechtem Wundgrund mit Verschmutzung und bei mangelnder Durchblutung sollte auf eine provisorische Deckung mit dünnen Lappen nicht verzichtet werden.

Konservative Behandlung:

Die häufigste Methode zur Restitution der knöchernen Kontinuität ist die Drahtextension. Sie gestattet eine frühzeitige Reposition, die besonders bei der Gefahr einer Schädigung der Haut oder des Gefäßnervenstranges notwendig ist. Zur Erleichterung der Reposition bringen wir Knie- und Fußgelenk der verletzten Extremität in Mittelstellung. Um Schmerzen und den dadurch hervorgerufenen Muskelzug auszuschalten, führen wir eine Lokal- oder Leitungsanästhesie oder eine Allgemeinnarkose durch. Da auch die Wundversorgung eine Betäubung verlangt, weiten wir diese meist in den Frakturbereich aus. Bei besonders schwer einzurichtenden Frakturen geben wir manchmal Präparate mit curareähnlicher Wirkung, so daß sich die Bruchenden unter Relaxation der Muskulatur leicht reponieren lassen. Hierbei wird zunächst die Verkürzung ausgeglichen und dann die Seitenverschiebung, wobei das periphere Bruchstück in die Richtung des zentralen gebracht werden muß. Permanenter Gewichtszug erlaubt am ehesten eine Aufhebung der Verkürzung. Wir bohren dazu einen Kirschner-Draht so durch die Mitte des Fersenbeinkörpers, daß in der Seitenansicht der Draht genau in Verlängerung der Schienbeinachse liegt. Filzscheiben und Stellschrauben werden beigelegt, um ein Rutschen des Drahtes und eine Infektion an der Bohrungsstelle zu verhindern, wo sich Abszesse oder gar Osteomyelitiden ausbilden können. Besondere Obacht muß man bei der Stärke des Dauerzuges walten lassen. Bei manchen Schaftbrüchen mit langen Bruchzacken gelingt die Reposition nur, wenn man das distale Fragment abnorm distrahiert, was zu Schäden des Gefäßnervensystems führen kann. Die Distraktion hat einen verminderten Kontakt der Fragmente zur Folge, der die Gefahr der verzögerten Callusbildung in sich birgt und in letzter Konsequenz zur Pseudarthrose führt.

Obwohl die Stärke des Dauerzuges nie 3 kg überschritt, ist doch bei einigen Patienten die volle Durchbauung des Frakturbereiches unterblieben. In der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg wurden von 1951 - 1955 60 Pseudarthrosen eingeliefert, die durch Distraktion entstanden waren (ZENKER). Neben der Fixation durch den Drahtzug stellen wir das Bein - nicht zuletzt wegen der Weichteilverletzungen - zusätzlich durch einen gespaltenen Oberschenkelliegegips ruhig. Röntgenkontrollen ermöglichen eine rechtzeitige Korrektur.

In manchen Fällen - Querbrüche z.B. sind ungeeignet für Extensionsbehandlung - genügt die primäre Fixation allein durch einen Gipsverband, der von den Zehenschwimmfalten bis zur Leistenbeuge reicht; die angrenzenden

Gelenke werden mit einbezogen, weil sonst durch Scher- und Schubbewegungen die Heilung beeinträchtigt werden kann. Die Fragmentstellung im Gipsverband muß kontrolliert werden, da sie sich durch Abschwellen des Haematoms und Motilität im Gips ändern kann. Bei stärkerer Schwellung ist daher baldiger Gipswechsel angezeigt. Daß das Abrutschen vermieden wird, garantiert ein ungepolsterter Gips. Dabei muß streng auf Blutumlauf, Sensibilität, Anschwellen der Zehen und auf die Hautfarbe resp. -temperatur geachtet werden. Eventuelle Störungen werden dadurch verhindert, daß jeder erste Gips grundsätzlich gespalten und leicht aufgebogen wird - bei offenen Frakturen wird über der Wunde gefenstert, um so den nötigen Verbandwechsel zu ermöglichen.

Bei schweren Trümmerbrüchen kommt es vor, daß die Stellung der Bruchfragmente durch Dauerzug und Gipsverband nicht gehalten werden kann. Hier nutzen wir die Möglichkeit, die Frakturstellung mit einem durch das periphere und das zentrale Bruchstück geführten Bohrdraht zu fixieren, der nach der Reposition mit eingegipst wird. Diese Methode, mit der die Bruchenden wohl adaptiert, aber nicht stabilisiert werden, leitet zu den operativen Behandlungsarten über.

Operative Behandlung:

Der Disput über konservative und operative Behandlung von Knochenbrüchen hat zwar in den letzten dreißig Jahren an Leidenschaft verloren, ist aber noch nicht ausgefochten; die Ansichten schwanken zwischen Duldung der Operation als letztem Ausweg und einer übergroßen Operationsfreudigkeit. Jede Behandlungsmethode ist mit Fehlerquellen und Mißerfolgen behaftet: dem Risiko bei der Osteosynthese stehen die Gefahren der langen Ruhigstellung, der Muskelatrophie, Gelenkversteifung, Zirkulationsstörungen und Dekubitus bei der konservativen Behandlung entgegen.

"Die operative Frakturenbehandlung hat in den letzten Jahren den Weg von der Technik zur Wissenschaft beschritten" (WILLENEGGER). Diese Behauptung ist an einige Grundforderungen gebunden, die derartige Eingriffe nur dem spezialisierten Chirurgen und großen Kliniken mit vollständigem Instrumentarium und reicher Auswahl von Osteosynthesematerial vorbehalten sein läßt. Einen breiten Raum in der operativen Frakturenbehandlung offener Unterschenkelbrüche nimmt die Marknagelung nach Küntscher ein. Bei strenger Indikation haben wir in dem Zeitraum, der diesen Untersuchungen zu Grunde liegt, immer eine stabile Osteosynthese erreicht. Man kann die Nagelung geschlossen oder offen durchführen. Der Vorteil der geschlossenen Nagelung, nämlich die verminderte Gefahr der

Infektion, fällt bei offenen Frakturen nicht so sehr ins Gewicht, weil durch die Verletzung schon primär eine Eintrittspforte für Erreger geschaffen ist. Die Schwierigkeit der Reposition unter Röntgenkontrolle - am zweckmäßigsten im Extensionstisch - sind ein Hinderungsgrund. Es kommt vor, daß eine geschlossen begonnene Nagelung abgebrochen werden muß, um sie offen zu Ende zu führen. Manche Autoren (M. LANGE) lehnen bei Unterschenkelfrakturen die Marknagelung ab. BÖHLER beobachtete in sieben Jahren 213 Marknagelungen (160 Pseudarthrosen, 53 Osteomyelitiden). WADE fürchtet eine Instabilität, die sich mit der Zeit einstellt, da der Nagel wegen der schwankenden Kaliberweite der Tibiamarkhöhle nur stellenweise mit seiner Umgebung Kontakt hat. Durch Aufbohren der Markhöhle und unter Verwendung eines entsprechend dicken Nagels läßt sich diese Gefahr ausschalten.

Neben der Frage der Operabilität stellt sich die Frage nach dem Operationstermin: primäre oder sekundäre Operation ? Diese Überlegung muß besonders bei Frakturen der langen Röhrenknochen gestellt werden da hier die Einleitung der vorerst konservativen Behandlung bereits umfangreiche Maßnahmen und in der Mehrzahl der Fälle auch eine Narkose erfordert. Bei offenen Frakturen ist die Entscheidung noch schwieriger wegen der postoperativen Infektion durch Keime, die in die Wunde eingedrungen sind. Andererseits ermöglicht ideale Ruhigstellung durch Osteosynthese die störungsfreie Heilung der Wunde.

Wird vorerst nur die Wunde versorgt und die Osteosynthese auf einen Zeitpunkt nach Abschluß der Wundheilung verschoben, so rückt jede oberflächliche Wundheilungsstörung und jede Hautnekrose die endgültige Frakturversorgung in immer weitere Ferne. So bedeutet der Verzicht auf primäre Osteosynthese oft den Verzicht auf operative Behandlung überhaupt. Auch die konservative Weiterbehandlung hat stets den sekundärheilenden Weichteildefekt zu berücksichtigen und ist dementsprechend belastet. Die kritische Würdigung dieser Gesichtspunkte und die Schwierigkeiten, die die offene Fraktur auch bei konservativer Behandlung bietet, führten in Berlin (BAUMGÄRTL) zur routinemäßigen Anwendung der primären Osteosynthese bei der offenen Fraktur außer bei ausgedehnten Riß-Quetschwunden.

Diskussion der Behandlungsmethoden:

Wir haben bereits darauf hingewiesen, daß die Wahl des Behandlungsmodus von Form und Lage des Bruches abhängig ist. Sie wird darüberhinaus auch von anderen Komponenten wie Alter, Geschlecht und Allgemeinzustand des Patienten bestimmt. Küntscher selbst wies darauf hin, daß eine Nagelung im proximalen Teil der Tibia ungünstig sei, während man das

distale Drittel ruhig nageln könne, wenn es sich um einen Schrägbruch handle. Am leichtesten ist die Stabilität mit dem Nagel beim einfachen Querbruch zu erzielen. Abweichen des Frakturbereiches nach proximal oder distal führt wegen der zunehmenden Weite der Markhöhle zur Instabilität. Durch die Nagelverbolzung wird eine seitliche Verschiebung verhindert, eine mögliche Drehbewegung wird durch die genaue Adaption der Fragmente gehemmt, die mit ihren Zacken und Vorsprungen auf den Bruchflächen ineinandergepreßt werden.

Bei Betrachtung der anatomischen Gegebenheiten wird man nach rein mechanischen Kautelen für Querbrüche die Nagelung und für Schrägbrüche die Drahtextension - kombiniert mit Gipsschienung - fordern.

Je ausgedehnter die Zertrümmerung ist, desto seltener sollte man eine Osteosynthese durchführen, die bei Kindern sowieso unbedingt vermieden werden muß (WADE). REHN führt vor einwandfreier Abheilung der Wunden bei offenen Frakturen keine Osteosynthese durch. Die Vorteile der primären Osteosynthese, die die Bildung von Gewebsnekrosen vermindert, dem Knochen seine ursprüngliche Gestalt wiedergibt, die postoperative Ruhigstellung auf wenige Tage beschränkt und die Behandlungszeit unter Schmerzfreiheit verkürzt, scheinen ihre Nachteile - Reduzierung der Abwehrkräfte des Organismus im Bereich des Synthesematerials und Minderung der Ernährung und Vitalität des Knochens mit der Gefahr der Sequestrierung - aufzuwiegen. Die Versuchung ist daher groß, die angefangene Operation (Wundversorgung) mit einer Osteosynthese abzuschließen. Die Osteosynthese darf jedoch nicht als zweiter Teil einer Operation betrachtet werden, sondern als neuer Eingriff (MÜLLER). Daher soll das Operationsfeld neu vorbereitet, Instrumente, Mantel und Handschuhe gewechselt werden. Bei den Osteosyntheseverfahren offener Brüche ist stets ein Minimum an Fremdmaterial zu verwenden, das immer von lebendem Gewebe bedeckt sein muß.

Bei offenen Unterschenkelfrakturen kommt häufiger das primäre Anlegen von Druckplatten in Frage, da die periostale Zirkulation so sehr beeinträchtigt ist, daß die intramedulläre Blutversorgung möglichst erhalten bleiben sollte. Weil das Osteosynthesematerial unter einer gut lebensfähigen Decke liegen muß, wird man die Platten am Unterschenkel vorzugsweise lateral von der Tibia anbringen. Einzelne lose Knochensplitter sollen in die bestehenden Defekte eingelegt werden, da bei einer stabilen Osteosynthese keine Frakturlücke mehr vorhanden sein darf. Diese Stabilität ist funktionell, sie soll keine Frühbelastung, sondern nur frühzeitige, schmerzfreie, aktive Bewegung erlauben.

An dieser Stelle sollen in Hinblick auf die Stabilität einige kurze Bemerkungen über die Funktion von implantierten Metallteilen gemacht werden: die Schraube verbindet die Knochenstücke unter Druck fest miteinander, ohne jedoch den Knochen statisch direkt zu unterstützen. Der Draht und der Stahlnagel, die in die Markhöhle eingebracht werden adaptieren die Fragmente nicht nur, sie stellen zugleich Kraftträger dar, die den Knochen entlasten.

Doch auch bei der intramedullären Konsolidierung sind im Prinzip Unterschiede zu berücksichtigen, wie der Vergleich von Nagelung und Pinnung nach Rush zeigt: letztere ist unabhängig von der Masse, sie ist nur abhängig von ihren eigenen dynamischen Kräften und von der Nutzbarmachung der Muskelkräfte der Gliedmaßen, wenn die Voraussetzung der optimalen Materialeigenschaften für die benutzte Stahlstange erfüllt ist (Festigkeit, begrenzte Elastizität, beschränkte Biegsamkeit). Die Nagelung dagegen bedeutet das Nutzbarmachen der Masse durch Verklemmung einer Stahlstange in der Markhöhle. Somit wird die Masse als solche benutzt, den Knochen direkt zu fixieren und gleichzeitig passiv den Muskelkräften der Extremität Widerstand zu leisten. Dem Küntschernagel liegt der Konstruktionsgedanke zugrunde, den Knochen mechanisch so vollkommen zu entlasten, daß jede weitere äußere Schienung überflüssig ist und mit frühzeitigen Bewegungsübungen begonnen werden kann. Bei den offenen Brüchen ist aber trotz exakter und stabiler Osteosynthese, auch wegen der Weichteile, eine Ruhigstellung im Gipsverband erforderlich.

Eine Verschraubung sollte nur in Fällen durchgeführt werden, wo die Länge der Bruchflächen mindestens doppelt so groß ist wie der Schaftdurchmesser. Man benötigt zwar nur wenig Material und braucht nur einen geringen Teil der Fraktur freizulegen, aber nach M. LANGE können Schrauben den Knochen über längere Zeit nicht ausreichend stabilisieren, da sie sich infolge Osteolyse lockern.

Bei Brüchen im Spongiosabereich, also in Gelenknähe, ist die Spickung mit Kirschnerdrähten vorteilhaft, technisch einfach, benötigt man kein spezielles Instrumentarium und nur wenig Metall, die Fixation ist gewebeschonend und bietet keine große Infektionsgefahr.

Als temporäre Fixation vor der Verschraubung einer Tibiaschaftfraktur ist eine Drahtumschlingung zu empfehlen oder als zusätzliche Sicherung, z.B. beim Rush-Pin. Allein gewährleistet sie keine gute Fixation. Die Drähte können abrutschen oder locker werden, sie können reißen oder sich aufdrehen. Um voll wirksam zu sein, müssen sie so angebracht

sein, daß sie die Weichteile von den Knochenfragmenten ablösen, da sonst die Heilung verzögert wird. Der umgebende Weichteilmantel verhindert das Rutschen der Drähte oder deren Eindringen in den Frakturspalt, wo sie locker und wirkungslos werden oder sogar die Heilung beeinträchtigen.

Der Konflikt um die Therapie der Wahl wird am Beispiel der Cerclage sehr deutlich: während LEEMANN die Cerclage wegen ihrer ausreichenden Stabilität und kurzen Heilungsdauer propagiert, hat M.E. MÜLLER gerade in diesen Punkten gegensätzliche Ansichten: die Fragmente werden wohl adaptiert, aber nicht stabilisiert. Daher ist postoperativ ein Gipsverband notwendig. Gerade hierdurch geht jedoch der Vorteil der Frühimmobilisierung verloren, die Heilungsdauer wird sogar erheblich verlängert. Auf der einen Seite also kaum Komplikationen (HÄUPTLI), auf der anderen Pseudarthrosen (HUWYLER), die in der physiologischen Frakturheilung ihre Erklärung finden sollen.

Problem der Frakturheilung:

Beim frakturierten spongiösen Knochen übernehmen zum überwiegenden Teil die metaphysären Gefäße den Antransport von Osteoblasten, so daß durch die strukturell begünstigte Durchblutung und zusätzliche Diffusion die nekrotischen Zonen um den Frakturspalt schnell ersetzt werden und es zur raschen Heilung kommt. Beim gebrochenen Röhrenknochen muß wegen der nicht so günstigen Durchblutungsverhältnisse (longitudinale Gefäße) eine Vaskularisierung vom Periost und Endost her erfolgen. Durch die Cerclage wird die Entwicklung des periostalen Kallus gehemmt. Der so wichtige Brückenkallus fehlt bei exakter Apposition der Fragmente. Die resultierende Instabilität tritt bei Verschiebung um Rindenbreite nicht auf, da sich die osteogenen Fronten nähern; dadurch ist die Voraussetzung zur Heilung gegeben. Eine Verkürzung muß sich also auf die Frakturheilung bei Schaftbrüchen günstig auswirken (URIST und JOHNSON).
Vergleiche dazu Abb. 1 - 4.

Schematische Darstellung der Frakturheilung aufgrund Untersuchungen von URIST und JOHNSON:

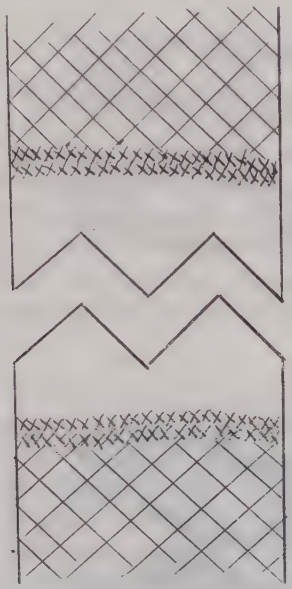
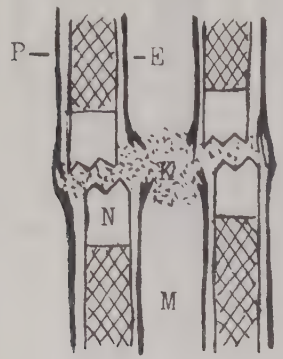
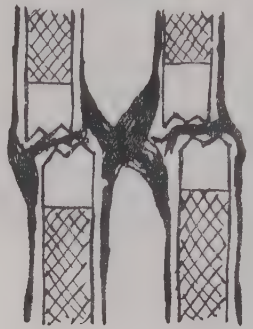


Abb. 3

Frakturheilung bei spongiösen Knochen

Die osteogene Front schiebt sich von beiden Fragmenten her gegen den Frakturspalt vor und ersetzt in direktem Ossifikationsvorgang das zuerst gebildete fibröse Gewebe. Bei anatomischer Apposition der Frakturflächen entsteht kein äußerer Kallus. Axialer Druck wirkt sich wegen der guten Adaptation und Fixation günstig auf die Heilung aus.





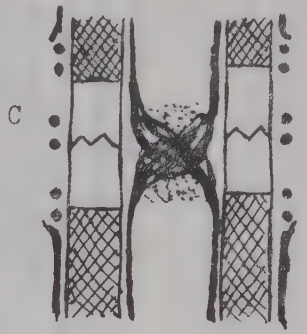


Abb. 4 Abb. 5 Abb. 6

Abb. 4: Frakturheilung bei Schaftbrüchen: 1. Phase: Kallusbildung.
Wegen der Nekrose der Fragmentenden ist eine pp-Heilung des Knochens nicht möglich. Die Heilung vollzieht sich auf dem Umweg des periostalen und endostalen Kallus, der den Knochen schient, bis die nekrotische Corticalis durch neuen, beide Fragmente verbindenden Knochen ersetzt ist.

Abb. 5: 2. Phase: Konsolidation.
Vom periostalen und endostalen Kallus aus erfolgt durch Vaskularisierung schleichender Ersatz des nekrotischen Knochens. Hiernach wird der Kallus resorbiert, der Knochen strukturiert sich entsprechend der mechanischen Belastung.

Abb. 6: Frakturheilung nach Cerclage:
Bei der Cerclage ist die periostale Kallusbildung gehemmt. Die kallöse Schienung des Knochens reduziert sich auf den endostalen Kallus und ist deshalb sowohl mechanisch als auch biologisch geschwächt. Der schleichende Ersatz der nekrotischen Fragmente vollzieht sich fast nur von innen her und ist deshalb verzögert.
(Zeichenerklärung: P = periostaler osteogener Kallus; E = endostaler Kallus; K = chondroblastischer Kallus; M = Markhöhle; C = Cerclage).

Nach RICKER wäre selbst die Drahtextension vom physiologischen Standpunkt nicht geeignet, die Fraktureinrichtung vorzunehmen. Die Regulation der terminalen Strombahn wird durch vasomotorische Nerven übernommen, deren Impulse als Antwort auf die unfallbedingte Reizung sensibler Fasern zur Hyperämie führen. Die durch reflektorische Konstriktion der Arteriolen und durch Dilatation der Kapillaren entstandene Stase führt zur Nekrose des Gewebes, wenn nicht stufenweise die Durchblutung normalisiert wird. So kommt es zu den Stadien der Bildung von Granulationsgewebe, von Kallus (Exsudation), Knorpel- und Knochengewebe. Um diesen sogenannten Herd reagiert auch das Gewebe der Nachbarschaft mit einer Proliferation. Diese "Hofwirkung" kann in Kapsel und Bändern des Sprunggelenkes bei Calcaneus-Drahtextension nicht abklingen, da ein zusätzlicher Herd entstanden ist. Offene Frakturen sind in dieser Hinsicht durch eine Oedemsklerose besonders gefährdet, da die Hofwirkungen interferieren.
Es soll in diesem Zusammenhang aber erwähnt werden, daß eine Seitenverschiebung der Knochenfragmente leicht zu einer per secundam Heilung der Wunde führen kann (ZRUBECKY), da hierbei die Haut ebenso wie durch zu dicke Platten unter Spannung gesetzt wird.

Während nach GEISER der Brückenkallus unentbehrlich scheint, hat M.E. MÜLLER experimentell nachweisen lassen, daß zur Überbrückung eines Knochendefektes oder eines Frakturspaltes weder periostale noch endostale Zellen nötig sind. Diese primäre Knochenheilung wird am Schweineradius gezeigt an dem man eine Künstliche Knochenrinne, deren Umgebung man mit Raspatorien von Endost und Periost säubert, zur Isolation

mit einer Millipore-Folie umwickelt. Der Knochen erreicht nach gewisser Zeit seine alte Stabilität, ohne daß röntgenologisch Kallusbildung nachweisbar wäre. Diese Tatsache wird zur Grundsatzforderung: eine Konsolidation soll kallusfrei erfolgen ! Daher bedeutet sogar jede im Laufe der Frakturheilung sichtbar werdende Kallusbildung nach einer Osteosynthese ein Warnzeichen. Das erstrebenswerte Ziel ist sozusagen eine "per primam Ossifikation", die durch interfragmentären Druck erreicht werden soll, sei es durch Zugschrauben oder Druckplatten. In mehreren Untersuchungen ist unter Beweis gestellt worden, daß konstanter Druck die Osteogenese fördert (WAGNER, DANIS). Pluripotente Mesenchymzellen differenzieren sich unter Druck zu Osteoblasten, unter Zug in Bindegewebszellen (BASSET). Auch CHARNLEY fand, daß der Druck am spongiösen Knochen eine überaus rasche Ossifikation bewirkt. Dagegen berichtete BÜRKLE de la CAMP 1960, daß die Zahl der Mißerfolge bei allen Osteosynthesen aufs Dreifache gestiegen sei.

Jüngste Untersuchungen (TÄGER) haben nämlich gezeigt, daß Komplikationen nur durch Veränderungen am Implantat selbst hervorgerufen werden. Die früher für das Hauptproblem gehaltene Metallschädigung des Gewebes konnte ausgeschlossen werden. An neutronenaktivierten Metallen wurde nachgewiesen, daß zwischen zwei nicht metallisch verbundenen Implantaten keine Irritationsströme entstehen. Im Experiment wurde durch Verwendung radioaktiver Substanzen als Indikatoren der Nachweis erbracht, daß die Grundlagen für Korrosionsvorgänge durch "Lokalelementbildung" - Bildung eines galvanischen Elementes - am Implantat geschaffen werden.

Allein durch die Bearbeitung unter der Operation werden vorher unbeschädigt scheinende Implantate verändert, so daß sich korrosive Prozesse entwickeln können.

Das plötzliche, ohne geringste Vorzeichen auftretende Brechen von Küntschernägeln soll auf der sogenannten Schwingungsrißkorrosion (SPÄHN) beruhen. Diese wird beobachtet, wenn Schwingungsbeanspruchung beim Gehen und Korrosionsbeanspruchung durch die Gewebselektrolyte gleichzeitig auftreten. Man erkannte, daß bei gleichzeitiger Wechselverformung die Korrosion an parallelen Gleitflächen innerhalb der Metallkristalle des überbeanspruchten Materials ansetzt. Dadurch wird der schützende Oxidüberzug aufgerissen, so daß die Korrosion weiter einsetzen und zur Rißbildung führen kann. Diese tritt um so eher ein, je höher die mechanische Bean-

spruchung, je geringer die Lastwechselfrequenz und je stärker korrosiv das Umgebungsmilieu wirkt. Ausreichenden Schutz gegen die Schwingungsrißkorrosionen bietet das verwandte Material nur dann, wenn optimale Legierungszusammensetzung und mechanische Wechselbeanspruchung sorgfältig aufeinander abgestimmt sind.

Eine wichtige Maßnahme neben der sofortigen Wundversorgung ist bei einem Frischverunfallten der Schutz vor Infektionen. Die lokale Anwendung von Antibiotika ist unerläßlich (ZENKER). Außerdem führen wir in jedem Fall die parenterale Gabe von antimikrobiellen Medikamenten, die Tetanusprophylaxe und bei von Thrombose bedrohten Patienten die entsprechenden Präventivmaßnahmen durch.

Die Notwendigkeit des Blutvolumenersatzes haben wir schon erwähnt. Ansonsten werden von der verringerten Suspensionsstabilität neben Erythrocyten und Thrombocyten auch die Chylomikronen betroffen. Das ist ein Faktor, der zum Ereignis einer Fettembolie beitragen mag. Der Abtransport von Fett aus dem Knochen ist unwahrscheinlich, da der Druck in der Markhöhle nach dem Trauma so absinkt, daß eine Einschwemmung über die Venen nicht erklärlich ist. Allerdings wäre vorstellbar, daß bei einer Marknagelung, der eingetriebene Metallstab Marksubstanz vor sich her schiebt und in die Gefäße preßt, wenn der elastische Gegendruck des komprimierten Marks größer wird als der zum Öffnen der Venenklappen notwendige Druck. Diese Überlegung hat KÜNTSCHER veranlaßt, seinem Nagel einen V-förmigen Querschnitt zu geben, so daß daneben Raum zum Abfließen von Blut und Markfett bliebe. Nach neueren Untersuchungen soll das Fett garnicht aus dem Knochen, sondern aus den zerquetschten Weichteilen stammen. Weil der Tod durch Fettembolie immer erst einige Tage nach der Nagelung auftreten soll, wird dieses Ereignis weniger auf eine Fettembolie als vielmehr auf die Folgen eines Schockzustandes zurückgeführt infolge der durch Gewebsreizung provozierten Histaminausschüttung. Experimente mit radioaktiv markiertem Fett, das Versuchstieren in die Röhrenknochen injiziert wurde, haben nach Zertrümmerung des Knochens gezeigt, daß das Fett im Bruchhaematom liegen bleibt (KÜHNE). Auch die transossale Venografie wies nach, daß ein in den Markraum oder das Haematom injiziertes Kontrastmittel nicht über offenstehende Venen abfließt. MAATZ dagegen hat eine Fettverschleppung aus dem Knochen experimentell nachgewiesen; allerdings sei die Menge so gering, daß selbst eine gleichzeitige Nagelung von vier großen Röhrenknochen keine bedrohliche Situation heraufbeschwören dürfe.
HÄBLER berichtet jedoch über einige autoptisch nachgewiesene Fälle, die trotz geringster embolischer Fettmengen ad exitum kamen, ohne daß eine andere Ursache anzuschuldigen wäre, als das mit Schwierigkeiten ver-

bundene Einschlagen des Nagels In diese Richtung geht auch die Beobachtung von RIBBERT daß langerdauerndes Beklopfen eines Knochens zur Fettausschwemmung in die Blutbahn fuhren kann. Schwere Fettembolien sind ausnahmslos mit massiver und generalisierter Erschütterung des Skelettsystems vergesellschattet (SEVITT). Das mag auch erklären, daß Fettembolien bei Sportverletzungen geringer sind als bei Verkehrsunfällen.

Die Diagnose der Fettembolie ist mit speziellen Schwierigkeiten behaftet. Nach STICH soll die Fettembolie viel häufiger sein als sie tatsächlich intra vitam diagnostiziert wird. Häufig wird sie durch den Schock in ihrer Symptomatik überlagert. Den Zusammenhang zwischen Schock und Fettembolie haben wir bereits aufgezeigt durch den zentralen Schock kommt es neben der Mobilisierung des Zellfettes zu einer Verstopfung der Kapillargebiete, die durch den schockbedingten Blutdruckabfall bedingt wird (MAURER) Die Mikrozirkulation erträgt eine massive Fetteinschwemmung ohne Folgen: erst Fettembolien in den großen Kreislauf, insbesondere im Gehirn und die parenchymatösen Organe machen klinische Erscheinungen.

Die Prophylaxe wie auch die Therapie der Fettembolie müssen daher 2 Punkte berücksichtigen: Kreislauf und großtropfiges Fett in ihm. Die Kreislaufbehandlung kann unterschiedlich geschehen, entweder stützt man den Kreislauf durch Infusionen oder man hält den Blutdruck niedrig, wie es auch MAKOWSKY vorgeschlagen hat. Dieses Vorgehen verbietet sich bei schweren Kollapszuständen; außerdem nimmt man an, daß eine Embolisierung oder ein Übergehen des Fettes von der fein- in die großtropfige Form nur beim Darniederliegen des Kreislaufes möglich ist. Das großtropfige Fett muß durch Dispergierung in die physiologische Feintropfigkeit übergeführt werden. Hierzu bieten sich kephalinfreie Phospholipidfraktionen mit essentiellen Fettsäuren an, die sich durch große Oberflächenaktivität auszeichnen (LECHNER). Früher stützten wir unsere Prophylaxe - mehr noch die Therapie - hauptsächlich auf Antikoagulantien Spasmolytika und Dehydrocholsäure. Unter der vorbeugenden Verabreichung von Cholinphosphorsäurediglycerid hat sich nun die Prognose gebessert. Wir hatten mehrere Fälle, bei denen es trotz des Schweregrades der Verletzungen nicht zu klinischen Anzeichen einer Fettembolie kam. Andererseits sind unter den fünf Todesfällen an Fettembolie drei Patienten trotz Prophylaxe gestorben.

In diesem Abschnitt sollen Komplikationen behandelt werden, die unmittelbar mit dem ursprünglichen Trauma in Zusammenhang stehen und nicht durch langes Krankenlager hervorgerufen werden.

Durch Kenntnis mancher bei Unglücksfällen vorkommender Erscheinungen und deren rechtzeitig eingeleiteter Therapie können Folgen vermieden werden, die den Arzt vor schwierige Probleme stellen und den Heilungsvorgang erheblich beeinträchtigen. Es können sogar irreparable Schäden zurückbleiben.

Neurovaskulär:

Besonders bei offenen Frakturen trifft man nicht nur eine Schädigung des Knochens an, sondern bei der Weichteilzerstörung häufig eine Läsion von Nerven und Gefäßen. Neben diesen unmittelbar auf die Gewalteinwirkung zurückzuführenden Noxen können aber auch später bei nicht fachgerechter Behandlung durch dislozierte Knochensplitter Gefäße abgeklemmt oder wie über einen Hypomochlion zerrissen werden. Quetschungen von Nerven - am häufigsten ist der Fibularis betroffen - sind nicht selten. Diese Verhältnisse sind sowohl bei der ersten Inspektion als auch nach der Reposition zu kontrollieren. BÖHLER fordert die sofortige Amputation, wenn der Fuß blaß und kalt ist, wenn man feststellt, daß Gefäße und Nerven zerrissen sind. Selbst bei erhaltener Durchblutung und Sensibilität ist es besser zu amputieren, wenn ein zirkulärer Hautverlust mehr als die Hälfte des Unterschenkels ausmacht; bei diesem Ausmaß einer Wunde besteht kaum eine Möglichkeit der Deckung. Nach MAURER sollte man zunächst von einer Amputation Abstand nehmen, wenn auch nur die geringste Aussicht besteht, das verletzte Glied zu erhalten.

Oft kommt es auch zu sekundären neurovaskulären Irritationen, wenn keine größeren Gefäße geplatzt sind, sondern nur unter dem Druck des sich bildenden Frakturhämatoms Gefäße und Nerven beeinflußt werden. In seltenen Fällen sind bei geschlossenen Brüchen Infektionen des Bruchhämatoms beobachtet worden, wenn die geplatzten Spannungsblasen bei umfangreichen Blutergüssen infiziert wurden. Ebenso hat man hämatogene Infektionen des Bruchhämatoms nach allgemein septischen Erkrankungen beschrieben. Wenn sich in solchen Fällen Nekrosen von Haut- und Weichteilen ausbilden, kann es sogar sekundär zu einem offenen Bruch kommen. Das Fraktur-

hämatom hat bei der Knochenheilung eine physiologische Aufgabe. Das Blut gerinnt, es wird organisiert, indem sich indifferentes Granulationsgewebe bildet. Hier werden Calcium und Phosphor abgelagert. Die Kallusbildung beginnt, wenn die entzündliche Hyperämie abgeklungen (ca. nach 1 Woche). Das Bruchhämatom wird resorbiert, vom Endost und Periost her bildet sich Kallusgewebe. Bei völliger Ruhe im Bruchbereich bildet sich rein desmogen differenzierter Kallus. Jede knorpelige Differenzierung deutet auf eine Gewebsunruhe im Bruchbereich hin (MAURER).

Infektion:

Sehr viel ernstere Folgen hat eine bakterielle Entzündung der Weichteile oder der Knochen. Wenn man bedenkt, daß sich die Gasbranderreger überall finden lassen - parasitär im Intestinum, im Straßenstaub, in der Kleidung; selbst 70 %iger Alkohol vernichtet die Sporen nicht, so daß man zur Instrumentensterilisation intensivere Maßnahmen ergreifen muß - so ist es bei dem ubiquitären Vorkommen fast verwunderlich, daß nicht mehr Fälle von Gasödem auftauchen. Auf der anderen Seite mag das für die saubere und korrekte Wundversorgung sprechen.

Zur Gasödemerkrankung - wie sie nach ASCHOFF genannt wird (im älteren Schrifttum heißt es noch "Gasbrand, Gasphlegmone oder malignes Gasödem") - kommt es mei stens durch Mischinfektion. Durch Anwesenheit von Aerobiern wird für die anaeroben Clostridien (perfringens, Novyi, septicum, histolyticum) ein günstiges Milieu bereitet, in dem sie sich umso besser entwickeln können, je ausgedehnter die Wunden sind. Begünstigend wirken ferner Blutumlaufstörungen, beispielsweise durch zirkulär angelegte Gipsverbände, die nicht bis auf den letzten Faden gespalten wurden oder dislozierte Bruchstücke, die auf ein Gefäß drücken (MAURER).

Dementsprechend wird sich das Augenmerk in der Behandlung darauf richten, den Bakterien den Nährboden zu entziehen und durch Sauerstoffzufuhr das Substrat für ihre Existenz zu nehmen. Das heißt: die Wundhöhlen müssen gespalten und offen gehalten werden, unter Antibiotikaschutz muß die gesamte geschädigte Muskulatur abgetragen werden, da das Gasödem von hier seinen Ausgang nimmt. Amputationswunden müssen ebenfalls ohne "Situationsnähte" völlig offen bleiben. Eine neuere Methode ist die Sauerstoffinsufflation in der Druckkammer, die allerdings nicht überall zur Verfügung steht.

Zu einer bakteriellen "Knochen-Entzündung" kann es durch Eindringen von Erregern durch die Wunde kommen. Im Gegensatz zur akuten, hämatogenen

Osteomyelitis handelt es sich bei dieser sogenannten exogenen Osteomyelitis nicht um eine septische Allgemeininfektion; ihr Verlauf ist daher wesentlich milder. Es tritt entweder eine diffuse eitrige Durchsetzung (Markphlegmone) oder eine umschriebene Einschmelzung (Brodie-Abszeß) auf. Unter chirurgischer und antibiotischer Behandlung sind derartige Komplikationen heute meist unter Kontrolle zu bringen. Interessant dürfte die Feststellung sein, daß nach operativer Frakturbehandlung das häufige Auftreten einer Osteomyelitis auffällig ist (KARNBAUM), während eine konservative Therapie oft eine Sudecksche Dystrophie nach sich zieht.

Sudecksche Knochenatrophie:

Bei den offenen infizierten Unterschenkelschaftbrüchen kommt es nicht selten zu wesentlichen Durchblutungsstörungen und zur Ausbildung eines Sudeck-Syndroms. Es besteht dann die Gefahr einer Gelenkversteifung; bei schwersten Sudeckschen Atrophien kann es selbst nach Ausheilung der Fraktur zur vollständigen Gebrauchsunfähigkeit der Gliedmaßen kommen. Die Genese ist auf lokale reaktive Veränderungen nach einem Trauma zurückzuführen. Die Abbaustoffe der zerstörten Gewebe üben einen Reiz auf die sympathische Gefäßinnervation aus (MAURER). Hyperämie und Exsudation sorgen für eine azidotische Veränderung der Gewebsflüssigkeit. Die Gewebssäuerung geht zurück, wenn die Zerfallsstoffe nach dem lokalen Auf- und Abbau völlig resorbiert sind. Dieser Umbau tritt normalerweise klinisch und röntgenologisch nicht in Erscheinung. Es handelt sich um einen physiologischen Heilungsvorgang, wie er in etwa 85 - 90 % aller Knochenbrüche auftritt. Die Heilung tritt ein, wenn die Eukolloidität (SCHADE) unter Isohydrie, Isothermie und Isoonkie wieder hergestellt ist. Besteht jedoch eine krankhafte Reaktionslage des Sympathikus, so verläuft der Umbau grad- und zeitmäßig gestört und äußert sich in Veränderungen an den Weichteilen und in röntgenologisch erfaßbaren Veränderungen an den Knochen. Das Sudecksche Syndrom betrifft nicht nur den Knochen einer verletzten Gliedmaße, sondern alle Gewebe, Haut, Muskulatur, Kapselbandapparat der Gelenke, Nägel und Haare. Die Kortikalis erscheint verdünnt und weist unterschiedliche Aufhellungen auf. An der Haut findet man Zeichen einer vermehrten Durchblutung, Temperaturerhöhung und Ödem. Die Nägel zeigen schnelleres Wachstum, der Haarwuchs ist häufig vermehrt, die Schweißbildung oft gesteigert. Meist zeigt sich rasch der akute Schwund der Muskulatur mit bevorzugter Beteiligung der Streckseite. Es bestehen Tonusveränderungen und quantitative Herabsetzung der direkten und indirekten Erregbarkeit. Außerdem werden die Gelenke von diesen Vorgängen betroffen, die aber ebenso wie das Ödem rever-

sibel sind, so daß sich die in der Umbauperiode vorübergehend auftretenden Bewegungsbehinderungen der Gelenke bei normalem Ablauf der reaktiven Vorgänge vollständig zurückbilden (MAURER).

Wenn dieses akute Stadium nicht zur Ausheilung kommt, geht es in das chronische über, das man erst eigentlich als "Dystrophie" bezeichnet. Die Haut steht unter dem Zeichen der geminderten Durchblutung, sie ist grau zyanotisch und ausgesprochen trocken (bis zur Anhydrose). Die Patienten klagen über Belastungsschmerzen, später auch über Spontanschmerzen.

Nach mehreren Monaten bis Jahren gleitet das Stadium der Dystrophie in das der Atrophie über. Der Knochen sieht röntgenologisch gleichmäßig zart aus, die Haut ist blaß, die Durchblutung allgemein vermindert. Ödeme werden nicht mehr beobachtet. Neben Dauermuskelatrophien ohne Atonie findet man häufig irreparable Gelenkversteifungen. Belastungsschmerzen bestehen nicht mehr. Als oberster Grundsatz jeder Therapie des Sudeck-Syndroms muß die Sanierung des primären Herdes gelten, also des Traumas. Die Behandlung muß sich danach richten, welches Stadium vorliegt. In der akuten Phase sind die Haupterfordernisse Ruhe Fernhalten von Reizen, Vermeidung von Belastung und mechanischer Beanspruchung (MAURER). Sympathikusblockaden in Kombination mit vasoaktiven Pharmaka sind sowohl hier als auch im Stadium der Dystrophie höchst wirksam. Die Behandlung der Dystrophie erfordert eine Entlastung des erkrankten Gliedes, die am besten durch Ruhigstellung in einer Gipsschale erreicht wird. Bei Schmerzfreiheit wird sie unterstützt durch Bindegewebs- und vorsichtige Muskelmassagen und schrittweise Widerstandsübungen (MAURER). Im Stadium der Atrophie steht die Übungsbehandlung an erster Stelle. Der Rest an Vitalität in den atrophischen Gliedmaßen muß durch Lockerungs- und Anspannungsübungen geweckt werden.

Spätkomplikationen:

Das Sudecksche Syndrom verlangt auch Beachtung insofern, als es als präarthrotischer Zustand Ausgangspunkt einer Arthrosis Deformans sein kann (HACKENBROCH). Die Entstehung der Arthrosis deformans wird von der Gelenkfunktion beeinflußt und ist abhängig von Verbrauchserscheinungen infolge Alters und Tätigkeit. Eine Über- oder Fehlbelastung führt häufig zu vorzeitigem Materialverschleiß. Klinisch äußern sich die ersten Anzeichen in Form geringer Schmerzen, die häufig als Rheumatismus fehlgedeutet werden. Typischer Arthrosisschmerz tritt beim Wechsel von Ruhe in Bewegung auf; er läßt mit zunehmender Bewegung nach. Als charak-

teristisches Symptom gilt weiterhin das Reiben und Knarren bei Bewegungen, das zunächst nur fühlbar, später auch hörbar wird. Die Therapie kann konservativ und operativ sein. Die wesentlichste Aufgabe ist es, eine übermäßige Beanspruchung des erkrankten Gelenkes zu vermeiden. Lokale Applikation von Diathermie, Schwefelbäder und Injektion von NNR-Hormonen werden empfohlen (MAURER). Erzielt man so keine Besserung, sollte man zunächst mit plastischen Eingriffen versuchen, Erfolge zu erzielen. In der Mehrzahl der Fälle ist jedoch die Arthrodese die beste und endgültige Lösung.

Zur Arthrosis deformans kommt es - wie erwähnt - durch Fehlbelastung, die besonders nach Knochenbrüchen auftritt die in Fehlstellung, das sind Verkürzung, Achsenknickung, Rotation und Fehlstellung der Gelenkflächen verheilt sind. Ist die Fraktur noch nicht knöchern durchbaut, so wird man bei Achsenknickungen versuchen, durch Keilen des Gipsverbandes eine Korrektur herbeizuführen oder beim Gipswechsel die Fehlstellung auszugleichen. Bei Achsenabweichungen, die knöchern fest verheilt sind, soll V- oder keilförmig osteotomiert werden (M. LANGE). Verkürzungen können durch Schuhabsatzerhöhungen oder orthopädisches Schuhwerk ausgeglichen werden. Rotationen treten bei fehlerhaft ausgeführter operativer Frakturbehandlung auf (geschlossene Küntschernagelung). Fehlstellungen der Gelenkflächen werden durch Keilosteotomie aufgerichtet und mit homöo- oder heteroplastischen Knochen unterfüttert.

Störungen der Knochenbruchheilung können einmal zu überschießender Kallusbildung, zum anderen zu verzögerter Kallusbildung führen. Eine Pseudarthrose aber entsteht nicht dadurch, daß etwa der chemische Reiz zu gering war, um die Mesenchymzellen zur Proliferation zu bringen, vielmehr findet man gerade bei Pseudarthrosen viel Kallus, der durch Entzündungserscheinungen infolge Reibung der Fragmente noch vermehrt wird. Solch ein Callus luxurians kann nach verspatet oder gewaltsam eingerichteten Brüchen als sogenannter Reizkallus auftreten, der im Röntgenbild als große, unscharf begrenzte Kalluswolke imponiert, wogegen der Fixationskallus gut abzugrenzen ist. Das Entscheidende bei der Entstehung einer Pseudarthrose ist, daß die Bruchenden nicht knöchern verbunden werden, was sich röntgenologisch in einer Abdeckung der Markhöhle und im Fehlen einer periostalen Kallusbrücke zeigt. Klinisch sind Wackelbewegungen an der Frakturstelle auslösbar. Bei mangelhafter Ruhigstellung (BÖHLER) kann es zur Spaltbildung im Kallus, zu Mikrofrakturen kommen, die bindegewebig ersetzt werden. Durch diese Narben wird eine knöcherne Durchbauung verhindert, es kommt zur Pseudarthrose. Die Mindestzeit zur Ausbildung einer Pseudarthrose am Unterschenkel beträgt sechs Monate. Die

Therapie soll nicht hormonell oder mit Vitaminen angegangen werden, sondern rein operativ: exakte und ausreichende Ruhigstellung nach Ausschaltung schädlicher Scherkräfte durch Osteotomie des sperrenden Knochens. Ein anderes Verfahren ist die stabile Osteosynthese durch einen Marknagel, die offen oder geschlossen durchgeführt werden kann. Bei der offenen Nagelung sollte man nicht versäumen, in ein entsprechendes Lager einen Knochenspan einzulegen. Auch unter Druckosteosynthese nach Resektion der Pseudarthrose hat man gute Ergebnisse erzielt. Durch Anfrischen der Knochenenden wird die Knochenregeneration angeregt. WITT und MITTELMEIER führen an ihrer Klinik als Methode der Wahl die Osteotomie unter gleichzeitiger Anlagerung von Phemisterspänen durch. Alleinige Osteotomie führt nie zur knöchernen Ausheilung. Die Becksche Bohrung, die Kirschnersche Aufsplitterung, das Aufsägen nach Brandes und das Verschrotten nach Krömer spielen bei ihnen keine Rolle. Bei größeren Defektpseudarthrosen wird das Wadenbein in die Tibia eingebolzt (Halmsche Operation), bei fistelnden Pseudarthrosen wird die Kompressionsosteosynthese nach Greiffensteiner angewandt.

Metallurgische Störungen:

Treten Metallschädigungen auf, muß der implantierte Fremdkörper möglichst bald entfernt werden, sonst droht eine aseptische Abszeßbildung mit geröteter, fluktuierender, aber schmerzloser Schwellung bei normalen Temperaturen. Das wichtigste Phänomen einer Metallose ist die Imprägnation der Zellen und des Interstitiums mit Zerfallsprodukten des Metalls, die dadurch die Zellvitalität beeinträchtigen. Röntgenologisch findet man Aufhellungen im Knochen mit periostalem Reizkallus. Das Punktat ist dann bakteriologisch steril, im mikroskopischen Bild findet man Metallpartikelchen. Nicht einwandfreies Metall führt zu Korrosionen, wie sie häufig in Kriegszeiten infolge Verwendung minderwertigen Materials auftraten (HÄBLER). Heute hat sich der V4A-Stahl allgemein durchgesetzt, eine Chrom - Eisen - Nickel - Molybdän - Titan - Legierung, welche eine korrosionsbeständige Kombination mit der nötigen Stabilität bei ausreichender Flexibilität darstellt. Korrosionserscheinungen können jedoch immer auftreten, insbesondere dann, wenn zwei Metallstücke aufeinanderliegen, beispielsweise bei der Plattenverschraubung. Die zusätzlich durch Platten oder Nägel auftretenden unphysiologischen Druck- und Zugspannungen am Knochen könnten nach dem Wolffschen Transformationsgesetz zu strukturellen Veränderungen führen. Daher sollen die Fremdkörper normalerweise nach etwa 12 Monaten wieder entfernt werden.

Frakturkrankheit:

Zum Schluß dieses Abschnittes soll die Veränderung nicht unerwähnt bleiben, die man nach DANIS direkt als Frakturkrankheit bezeichnet. Diese indirekte Gelenk- und Weichteilschädigung als Folge langdauernder Fixation der bruchnahen Gelenke geht mit den Symptomen einer Muskel- oder Knorpelatrophie, Skelettentkalkung, Schwund der subkutanen Schicht, Schrumpfung der Gelenkkapsel, schmerzreflektorischer Gelenksteife (HICKS) und chronischen Zirkulationsstörungen einher.

Von 1956 - 1965 kamen im Krankenhaus Rechts der Isar in München 196 Patienten mit offenen Unterschenkelfrakturen zur Behandlung. Wir haben nur Fälle berücksichtigt, bei denen allein die Schaftknochen beteiligt waren, also ohne Knöchel- und Luxationsfrakturen des Sprunggelenkes.
Betroffen waren 136 Patienten männlichen und 60 Patienten weiblichen Geschlechts.

Alter und Beruf:

Der Versuch, die Unfallquote mit dem Berufsstand des Verletzten in Zusammenhang zu bringen, zeigt kein klares Resultat. Wegen der großen Zahl an Verkehrsunfällen wäre ein solches Ergebnis wohl auch rein zufällig; allerdings muß gesagt werden, daß Straßenbauarbeiter und -reiniger besonders gefährdet zu sein scheinen.

Eine Parallele zur Lokalisation der Radiusfraktur bei Kindern, Erwachsenen mittleren Alters und alten Menschen, bei denen mit zunehmendem Alter die Lage des Bruches nach distal wandert, ist am Unterschenkel nicht festzustellen. Auffällig ist die Häufigkeit von Splitterbrüchen bei Patienten jenseits des fünften Lebensjahrzehntes. Diese Erscheinung läßt sich wohl mit der zunehmenden Osteoporose erklären. Eine Relation der Unfallhäufigkeit bezogen auf das Alter zeigt die Abb. 7 (s. Seite 42).

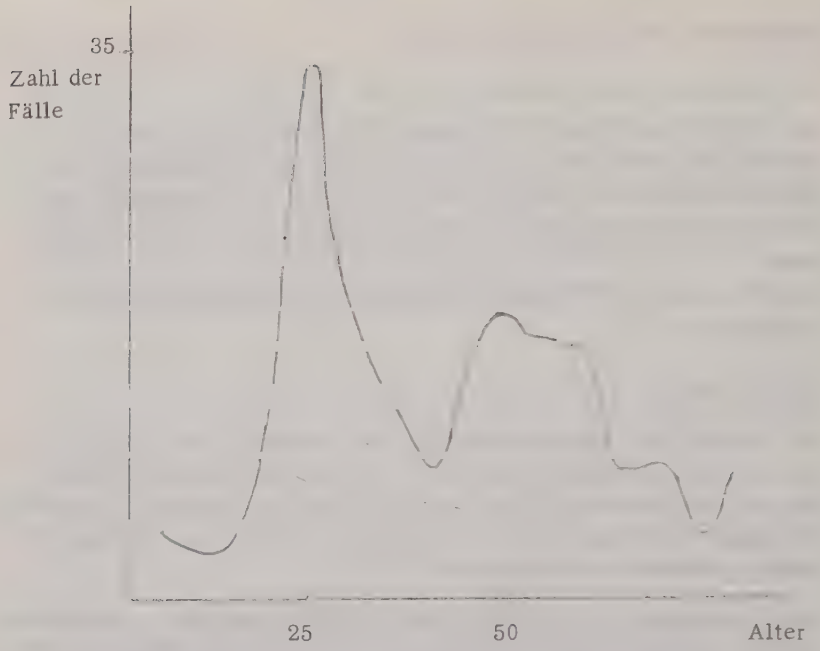


Abb. 7

Ursache:

Eine Aufschlüsselung der Unfallart zeigt eindeutig, daß im Straßenverkehr die meisten Menschen gefährdet sind. Dabei ist zu betonen, daß nicht etwa nur Passanten betroffen waren, die von Kraftwagen angefahren, durch den Stoß oder Sturz auf die Straße verletzt wurden. Häufig wurden durch eine Stauchung der Karosserie bei der Kollision die Unterschenkel der Autoinsassen gequetscht. So erlitt ein Passagier eine offene Tibiafraktur, als er nach dem plötzlichen Stop eines Militärbusses gegen die durch Metallrohre verstärkte Rücklehne prallte.

Zusätzliche Frakturen neben dem offenen Unterschenkelbruch trugen meist diejenigen davon, die mit Moped oder Motorroller auf parkende Autos oder andere "Hindernisse" fuhren.

Die weiteren Ursachen zeigt Tabelle 1, wobei vielleicht verblüffend ist, daß unter den Sportverletzungen nur ein einziger auf das Skifahren zurückzuführen ist - verblüffend deshalb, weil gerade München wegen seiner geographischen Lage als Auffangort der Skiunfälle prädestiniert ist. Anderer-

seits ließe sich eventuell daraus schließen, daß bei der Häufigkeit der Skiverletzungen der Schweregrad der Frakturen geringer ist.

Eine weitere Erklärung gäbe die Verteilung der Unfälle auf die einzelnen Monate. Eine saisonbedingte Häufung, wie man sie bei Skiunfällen finden müßte, ist nicht festzustellen. Zwar findet sich ein Gipfel im April und Oktober, aber in der Quartalsnorm steht die kalte Jahreszeit hintenan. Nerven- und auch Gemütskranke trugen viermal infolge ihres Leidens einen offen Bruch davon:

1 Schizophrenie	-	Fenstersturz als Suicidversuch
1 Psychose	-	Fenstersturz
1 Demens	-	Verkehrsunfall
1 Alkoholismus	-	Verkehrsunfall
(1 Amaurose	-	Verkehrsunfall) Sonderfall !

Art des Unfalls	Verkehr	Straße	Arbeit	Haus	Sport
Zahl der Unfälle	141	11	25	14	5

Tabelle 1

Seitenverteilung:

Während beim Fußballspieler hauptsächlich das Schußbein verletzt wird, ergibt sich in unserer Zusammenstellung nahezu eine Parität im Seitenvergleich. In neun Fällen waren beide Unterschenkel offen frakturiert. In der Mehrzahl wurden durch die einwirkende Kraft beide Unterschenkelknochen gebrochen; 37 mal traf es allein die Tibia, während in sechs Fällen nur die Fibula betroffen war. Die Behandlungsweise der isolierten offenen Tibiafraktur zeigt kaum Differenzen gegenüber derjenigen bei Brüchen beider Knochen, zumal bei stärker dislozierten Tibiafragmenten die Fibula häufig osteotomiert wird. Wichtiger jedoch scheint es, auf die Fibulafrakturen hinzuweisen. Abgesehen von der günstigen Entwicklung der Knochenheilung wird auch die Wundheilung prognostisch vorteilhafter sein, da es sich gewöhnlich nur um geringfügige Knochendurchspießung handelt, die meist keine operative Wundversorgung verlangen.

Lokalisation:

Statistiken über die Lokalisation der Brüche bei Skiunfällen ist zu entnehmen, daß vorzugsweise das obere und mittlere Drittel der Tibia in Mitleidenschaft gezogen wird. Bei uns ist auffällig, daß in erhöhtem Maße der Unterschenkel von der Mitte an abwärts betroffen ist, was auf das Niederstoßen durch Kraftwagen zurückzuführen sein dürfte (sogenannte Stoßstangenfraktur). Nicht vergesse werden darf die M glichkeit, daß in Abhängigkeit von der Dynamik der Gewalteinwirkung der gleiche Knochen mehrfach gebrochen sein kann, was einen Einfluß auf die Therapie hat. Unser Krankengut enthält sieben Fälle mit Mehrfach-Frakturen.

Frakturtypen:

Die Auswertung nach den einzelnen Frakturtypen gibt Tabelle 2 wieder. Dabei ist die Verletzung nur zu einem Fünftel auf indirekte Einwirkung zurückzuführen (81,6 % durch direkte Gewalteinwirkung). Fünf Fälle sind darunter, die neben dem direkten Bruch noch zusätzlich einen zweiten Bruch mit entsprechender Wunde auf indirektem Wege erlitten.

Bruchform	Quer	Schräg	Trümmer	Stück
Zahl	66	60	50	25

Tabelle 2

Zusätzliche Frakturen:

Bei manchen Patienten waren außer diesen offenen Unterschenkelbrüchen noch andere Skeletteile frakturiert:

Schädel	10
Wirbelsäule mit Thorax, Becken	16
obere Extremitäten	16
untere Extremitäten	29

Diese zusätzlichen Frakturen wirken natürlich erschwerend auf das Krankheitsbild und stellen in manchen Fällen therapeutisch große Anforderungen. Wir hatten einen jungen Mann zu versorgen, der alle Extremitäten gebrochen hatte. Wegen des bedrohlichen Zustandes mußten wir Injektionsstellen für

die notwendigen Infusionen freihalten. Wir konnten daher einen Arm nicht im Gipsverband fixieren und mußten eine spätere Korrektur der zu befürchtenden Fehlstellung in Kauf nehmen.

Auch sind multiple Frakturen insofern bedeutungsvoll, als manchmal nicht alle Brüche heilen. Es kann vorkommen, daß einer oder mehrere keinen Callus bilden. Früher sagte man, der Körper habe sich erschöpft, er könne nicht genügend Material für sämtliche Frakturen produzieren. Nach der neueren Entzündungstheorie nimmt man an, daß in diesem Fall die gleiche Situation vorliege wie bei den multiplen Entzündungsherden. Geht man nach den Untersuchungen SELYES davon aus, daß die Entzündung hormonal gesteuert wird, so kann es also bei multiplen Entzündungsherden zu einem mehr oder weniger starken Versagen dieser Regulationsmechanismen kommen. Da die Corticosteroide antiphlogistisch wirken, müßten sie dementsprechend auch die Callusbildung hemmen (KÜNTSCHER). Experimentell wurde dies von FONTAINE und Mitarbeitern belegt: im Tierversuch blieb unter Cortisongabe die Heilung eines genagelten Knochens aus. Damit wäre also ein Mittel in die Hand gegeben, um einmal unerwünschte Callusbildung zu verhindern und zum anderen die Bruchheilung hinauszuschieben, wenn man bei Infektionen im Frakturbereich Zeit für den Operationstermin gewinnen will.

Resultate:

Wir wollen zunächst eine Übersicht über die Behandlungsmethoden geben, die zur Anwendung kamen. Die Summe der hier aufgeführten Fälle deckt sich nicht mit der Zahl der behandelten Patienten. Mehrere hatten sich beidseitig offene Unterschenkelfrakturen zugezogen, die jede als gesonderter Fall gewertet wurden. Einen Patienten mußten wir zweimal anführen, da er sich acht Wochen nach der Entlassung erneut einen offenen Unterschenkelbruch zuzog. Außerdem sind namentlich unter die operativen Behandlungsmethoden Fälle gezählt, denen zunächst eine andere Behandlung vorausgegangen war. Später mußten sie dann operativ - auch mehrmals - korrigiert werden. So hatten wir bei einer fünfzehnjährigen Patientin, deren Bein in Calc.-Drahtextension und gespaltenem OSLG ruhiggestellt war, wegen verzögerter Bruchheilung zunächst eine Fibulaosteotomie vorgenommen. Vier Monate später mußten wir eine Küntscher-Nagelung mit zusätzlicher Spananlagerung durchführen, da sich eine Pseudarthrose ausgebildet hatte.

Behandlungsmethode			Zahl der Fälle [1]
Calc. -Drahtextension + OSLG			99
gespaltener OSLG			59
Calc. -Drahtextension + Schiene			10
Kirschner-Schiene			6
Transfixation			6
Verschraubung			2
Plattenverschraubung (AO, Winkelplatte)			4
	prim.	offen	23
		geschlossen	3
Küntscher-nagelung	sek.	offen	1
		geschlossen	6
Drahtumschlingung			11
Osteotomie			16
Spananlagerung			6
Amputation			6

Tabelle 3

[1] Die Zahl der hier angeführten Fälle betrifft die Summe der Patienten, die in die Untersuchung eingehen. Näheres dazu siehe im Text.

Eine Gegenüberstellung der Behandlungsmethoden in den Jahren 1956 bis einschließlich 1962 zeigt ein ähnliches Verhältnis, wie es in anderen Publikationen angegeben wird.

Böhler-Ender	73,1 %	konservativ	- 18,3 %	operativ
Keil	71,9 %	"	- 21,9 %	"
Berufsgenossenschaft	71,8 %	"	- 28,2 %	"
Chir. Klinik r. d. Isar				
1956 - 1962	69,8 %	"	- 30,2 %	"
1963 - 1965	57,5 %	"	- 42,5 %	"

Tabelle 4

Seit 1963 behandelten wir die offenen Unterschenkelbrüche 4 - 6 mal häufiger operativ als in den sieben Jahren vorher. Im Jahre 1963 übertreffen sogar die operativen Maßnahmen die konservativen an Zahl. Dieses Ergebnis würde durch eine generelle Behandlung über den ganzen Zeitraum verfälscht. Daher mußten wir die zeitliche Cäsur vornehmen (Tabelle 4).

Unter den operativen Maßnahmen steht an unserer Klinik die primär offene KÜNTSCHER-Nagelung an erster Stelle. In zunehmendem Maße kommen jedoch die von der Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese entwickelten Druckplatten mit temporärer Spannvorrichtung zur Anwendung. Das wird in Tabelle 3 nicht deutlich, da dieser Auswertung ein Zeitraum von zehn Jahren seit 1956 zu Grunde liegt. Die 1958 entwickelten AO-Platten verwenden wir erst seit einigen Jahren. Man fixiert die Platte mit einer bruchnahen Schraube auf dem kürzeren Fragment. Das Gewinde wird mit einem speziellen Schneider vorgeschnitten. Danach wird mit Hilfe einer Bohrbüchse auf geeignete Distanz das Bohrloch für die Spannschraube angelegt. Hier wird der Plattenspanner fixiert, dessen Haken in ein horizontales Loch am Plattenende greift. Wenn die Fragmente mit Cardan-Schlüssel unter größten Druck gesetzt sind, werden die Schrauben im anderen Fragment eingesetzt und der Spanner entfernt. Die Festigkeit liegt dabei zwischen 100 bis 120 kg/qmm.

Da auch der beste rostfreie Stahl im halogen- und sauerstoffhaltigen Elektrolyten für Lochfraß anfällig ist, entfernen wir das Metall nach 2 - 5 Jahren.

Der Hinweis erscheint noch wichtig, daß nach einer Druckplatten-Osteosynthese an die Einsichtigkeit des Patienten besondere Ansprüche gestellt werden, da nur eine Übungs-, aber keine Belastungsstabilität erreicht werden kann. Der "Kranke" sieht nur schwer ein, daß trotz freier Beweglichkeit in den Gelenken des verletzten Beines und völliger Schmerzfreiheit das Bein nicht belastet werden darf. Für den Arzt gilt es, daran zu denken,

daß die Behandlungszeit nicht verkürzt ist, da ja die Bruchheilung in der üblichen Zeit abläuft.

Hat die Bevorzugung der operativen Methode nun auch Vorteile gebracht ?

Wir wollen versuchen, eine erste Beurteilung anhand der Komplikationen zu geben, die während des Klinikaufenthaltes entstanden.

Lokale Komplikationen:

Verzögerte Heilung der Wunde und besonders der Fraktur werden als negatives Kriterium der jeweiligen Behandlungsmethode angesehen. Wir sprechen von verzögerter Bruchheilung, wenn nach mehr als 12 - 14 Wochen der Knochen noch nicht konsolidiert ist. Die Wundheilung kann infolge Durchblutungsstörungen (Stauungen oder in der Tiefe der Wunde liegendes Metall) und bakterieller Infektionen gestört und verzögert sein.

	verzögerte Bruchheilung	Pseudarthrose	verzögerte Wundheilung	Hautnekrose	Osteomyelitis	Refraktur	Thrombophlebitis	Fibularisparese
Calc. Draht	-	2	1	-	3	-	-	1
gespalt. OSLG	6	2	5	3	1	1	2	1
Calc. Draht + OSLG	10	7	3	10	8	2	3	-
Schiene	-	-	-	1	-	-	-	-
Drahtung	-	2	3	1	3	-	-	1
Transfixation	-	1	-	2	2	-	-	-
Plattenverschraubung	-	-	1	2	1	-	-	-
Küntschernagelung	-	2	1	2	1	-	-	-

Tabelle 5

Nach konservativer Behandlung stellen wir 27 verzögerte Bruchheilungen fest, von denen sich elf zur vollen Pseudarthrose entwickelten. Dagegen waren es nach operativer nur fünf verzögerte Bruchheilungen. Diese absoluten Zahlen sagen nichts aus, wir müssen sie in Relation zur Summe der behandelten Fälle setzen: in 15 % der konservativ behandelten offenen Unterschenkelfrakturen trat eine verzögerte Bruchheilung ein, nach operativer Behandlung in 6,4 %.

Spezifiziert nach der Behandlungsmethode sind in 17,1 % der mit Calcaneusdrahtextension und OSLG behandelten Patienten während des Klinikaufenthaltes verzögerte Knochenheilung oder Pseudarthrose aufgetreten, nach alleiniger Ruhigstellung im OSLG in 13,5 %.

Nur in 6 % der nach Küntscher genagelten Patienten traten Komplikationen in der Bruchheilung auf, wogegen die Drahtumschlingung mit einer Quote von 18,1 % belastet ist.

Diese negative Bilanz bei der Cerclage wird noch deutlicher, wenn man die Wunde mit in die Betrachtung einschließt: in 36,4 % war die Abheilung durch Infektion oder Fistelung hinausgeschoben, so daß ausgedehnte Narben zurückblieben. Überhaupt hatten wir nach Drahtumschlingungen die relativ meisten Komplikationen zu verzeichnen. Bei elf derartig behandelten Patienten wurde der Verlauf zehnmal störend beeinträchtigt. So trat unter anderem eine Fibularisparese auf, die wir sonst nur zweimal nach Extensions- und Gipsbehandlung fanden; allerdings ist nicht endgültig geklärt, ob diese Schäden als direkte Unfallfolge oder als iatrische Traumen zu werten sind. Für eine Druckneuritis des Nervus fibularis dürfte dagegen ein nicht korrekt sitzender Gipsverband anzuschuldigen sein.

Die Cerclage fand in den letzten Jahren bei uns keine Anwendung mehr, es sei denn zur Fixierung eines Knochenspans.

Ebenfalls die Osteosynthese mittels Metallplatte zeigte - was die Wundheilung betraf - schlechte Ergebnisse, die entweder auf Korrosionsvorgänge oder den nicht spannungsfreien Wundverschluß zurückzuführen sind.

Daß die Wundverhältnisse durch operative Eingriffe mehr strapaziert werden als bei konservativer Behandlung, geht aus folgendem hervor: bei konservativer Behandlung ganz allgemein kam es in 15,5 % zu Wundnekrosen mit verzögerter Heilung (in fünf Fällen auch Fistelbildung). Nach operation wurde in 20,5 % der Fälle die Wundbehandlung hinausgeschoben, wobei sich viermal eine Fistel ausbildete.

Osteomyelitiden traten bei uns häufiger nach konservativen Maßnahmen auf, während KARNBAUM sie als Komplikationen besonders bei der operativen Behandlung anführt.

Das bei ihm bevorzugt nach konservativer Therapie angetroffene Sudeck-Syndrom finden wir ausschließlich hier.
Daß drei Refrakturen auftraten, müssen wir als Folge einer Stabilitäts-schwäche im alten Frakturbereich werten, die nach konservativer Behandlung zustande gekommen ist.
Zusammenfassend ist zu sagen, daß zahlreiche Komplikationen den Heilungsverlauf erheblich beeinträchtigen können, welche Behandlungsmethode auch angewandt wird.
Für die konservative Behandlung typische Komplikationen sind die sekundäre Verschiebung der Fragmente unter Gips und die verzögerte Bruchheilung - häufig durch zu starke Extension hervorgerufen.
Für die operative Behandlung sind neben der bisweilen auftretenden Lockerung der Osteosynthesen besonders der Störungen der Wundheilung typisch, die oft auf sekundäre Unverträglichkeit des eingebrachten Materials zurückzuführen sind.
Es ist wichtig, die Möglichkeit dieser Komplikationen ins Auge zu fassen, denn ihr Auftreten ist häufig die Folge einer therapeutischen Unzulänglichkeit.
Ein Maß für die Wirksamkeit der operativen Behandlungsmethoden soll die Dauer der stationären Behandlung geben, vom Unfalltag an bis zur Entlassung in die Ambulanz bei zufriedenstellendem Status des Patienten.

	konservativ	operativ
Ender	29,7 Tage	-
Ehalt	63,7 Tage	-
Zrubecky	72,1 Tage	-
Aichner	-	27 Tage
Aichner	-	42,8 Tage
Fick	76,8 Tage	68,3 Tage
Chir. Klinik, München, r. d. Isar		
1956 - 1962	73 Tage	59,7 Tage
1963 - 1965	58 Tage	47,2 Tage

Tabelle 6

Dauer des stationären Aufenthaltes nach konservativer und operativer Behandlung.

Die Untersuchungen der Wiener Klinik zeigen in dieser Auswahl, daß durch operative Therapie (speziell Küntscher-Nagelung) die Behandlungszeit erheblich herabgesetzt werden kann.

Die Dauer der Gipsfixation betrug nach konservativer Behandlung ca. 10-12 Wochen, während der Patient nach einer Operation die Klinik durchschnittlich fast zwei Wochen früher verlassen konnte.

Unberücksichtigt geblieben sind jene Patienten, die nach kurzer stationärer Behandlung - soweit es ihr Zustand zuließ - vorzeitig wegen Raummangel entlassen werden mußten; außerdem diejenigen, die wenige Tage nach der Einlieferung verstarben oder aus persönlichen Gründen andernorts verlegt wurden. Das andere Extrem mit übermäßig langem Krankenhausaufenthalt ist auf Komplikationen im Bereich der Verletzung zurückzuführen oder auf Folgen, die aus der langwährenden Bettlägerigkeit resultieren. So wurde in mehreren Fällen die Entlassung durch eitrige Wundsekretion verzögert. Die Therapie zusätzlicher Thrombophlebitiden dehnte dünfmal das Krankenlager ebenfalls länger aus. Bei zwei Patienten mußte die Heilung von Knochenbrüchen abgewartet werden, die sie sich während des Klinikaufenthaltes zuzogen. So trug eine Patientin einen Unterarmbruch davon, als sie nachts aus dem Bett stürzte. Einen 70jährigen Mann, bei dem wir nach Transfixation eine Fibulaosteotomie mit Spananlagerung wegen Pseudarthrosenbildung vornahmen, konnten wir nur mit Mühe zu aktiven Bewegungsübungen bringen. Er weigerte sich aufzustehen, weil er fürchtete, sich auch noch das unverletzte Bein zu brechen. Bei dem unbeaufsichtigten Versuch, allein aufzustehen, stürzte er und brach sich tatsächlich das andere Bein.

Allgemeine Komplikationen:

Vorzugsweise bei Patienten von der fünften Lebensdekade an aufwärts, wurde die stationäre Behandlung durch Ereignisse kompliziert, die man bei längerer Bettruhe einkalkulieren muß: Lungeninfarkte, Pneumonien, Kreislaufattacken. Durch intensive therapeutische Maßnahmen gelang es uns meist, die Krisen zu überwinden. Dennoch konnten wir bei einigen massiven Fällen nichts ausrichten. So verloren wir in diesen zehn Jahren insgesamt 16 Patienten; zwei Todesursachen standen davon nicht mit dem Unfall in Zusammenhang, wie die Obduktion klärte (1. cerebrale Blutung, 2. Uraemie). Einer Pneumonie erlagen vier Patienten, zu denen ein zwanzigjähriger Soldat mit Aspirationspneumonie zählte. Drei Patienten starben an fulminanter Lungenembolie, einer an Herz-Kreislaufversagen. Der Tod an "Blutungen aus perforiertem Ulcus duodeni" wurde bei einem

Arbeitsunfall als unmittelbare Unfallfolge angesehen, da der Schweregrad der Verletzungen (neben dem Unterschenkeltrauma Rippenserienfraktur) und die primäre Küntscher-Nagelung die Genese eines Stress-Ulcus wahrscheinlich erscheinen ließen.

Einen jungen Schwerverletzten mit beiderseitigem offenen Unterschenkelbruch verloren wir am fünften Tag. Die eine Fraktur hatten wir genagelt, das andere Bein in Calc. -Drahtextension und gespaltenem OSLG ruhiggestellt. Obwohl die Fußpulse nicht zu tasten waren wegen des niedrigen Blutdruckes, waren die Füße gut durchblutet. Nach vier Tagen entschlossen wir uns zur hohen Amputation beider Oberschenkel, weil die Unterschenkel stark geschwollen und die Haut an den Bruchstellen mumifiziert war. Am nächsten Abend trat nach starker Dyspnoe der Exitus ein. Die kulturelle Untersuchung bestätigte unseren Verdacht: Clostridium perfringens.

Die Nachuntersuchungen sollten uns Aufschluß über den Erfolg der jeweils vorgenommenen Behandlungsart geben. Da in allen Fällen mindestens ein Jahr zwischen Unfall und Nachuntersuchung lag, waren authentische Angaben zu machen. Wir dürfen erwarten, daß sich aus dem Gros der Verunfallten ein mittlerer Durchschnitt vorstellte, wenn auch manchmal der Eindruck entstand, daß sich als Exponenten einerseits die dankbar Zufriedenen, andererseits die Enttäuschten nachuntersuchen ließen. Durch schriftliches Befragen derjenigen, die nicht zur Nachuntersuchung erschienen, meinen wir jedoch, einen reellen Querschnitt erfaßt zu haben.

Einige Fälle konnten wir nicht verwerten: bei drei Patienten war in der Zwischenzeit eine Halbseitenlähmung eingetreten, welche die verletzte Extremität betraf. Weiter waren bei einer Frau mit einer Hirnatrophie, die nicht mehr laufen lernen konnte, und bei zwei Männern keine funktionellen Befunde zu erheben, da bei diesen die Fraktur an einem durch Kriegsverletzung versteiften Bein lag.

Zur Nachuntersuchung stellten sich 82 Patienten vor. Nach Abzug der inzwischen Verstorbenen sind das 52,4 % der für die Nachuntersuchung in Frage kommenden Patienten.

Die klinische Untersuchung stützte sich auf:

A Funktionelle Proben

a) Gang
1. barfuß
2. Zehen Ballengang
3. Hüpfen auf einem Bein

b) Beweglichkeit:
1. Sprunggelenk
2. Kniegelenk

B Lokale Befunde

a) Muskelatrophie
b) Schwellung
c) Durchblutungsstörung
d) Narbenverhältnisse

C Subjektive Angaben des Patienten

a) Schmerz
b) Parästhesien

D Berufswechsel ?

Nach diesen Kriterien wurde eine Einteilung in drei Gruppen vorgenommen. Tabelle 6a zeigt die Zahl der in diesem Sinn eingeführten eingestuften Patienten nach ihrer Behandlungsmethode.

	Calc. -Drahtext. und OSLG	Gesp. OSLG	Schiene	Transfixation	prim. Kü. -Nagel	sek. Kü. -Nagel	Cerclage	Verschraubung
Gruppe I "sehr gut"	13	11	-	-	7	2	-	-
Gruppe II "zufriedenstellend"	18	11	2	1	-	4	3	2
Gruppe III "schlecht"	6	2	-	-	-	-	-	-

Tabelle 6a

Als "sehr gut" wurden diejenigen eingestuft, die wieder normal gehen, Zehenballengang und einbeiniges Hüpfen ohne Schwierigkeiten ausführen konnten. Bei ihnen betrug die Amplitude der Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk mehr als 30 Grad, im Kniegelenk 110 bis 130 Grad. Eine leichte Atrophie der Muskulatur im Bereich der Verletzung durfte vorhanden sein, zumal sich oft schlecht entscheiden ließ, ob der Muskelschwund auf Inaktivität oder auf das Fehlen von Muskelanteilen nach operativer Resektion beruhte. Ebenso wurde eine geringe Schwellung bei einer Differenz im Seitenvergleich bis zu 2 cm toleriert. Ausgesprochene Durchblutungsstörungen waren in dieser Gruppe nicht vorhanden, die Narben waren reizlos. Die Patienten gaben an, daß sie überhaupt keine Schmerzen mehr hätten und ihren alten Beruf weiter ausüben könnten.

Von den Nachuntersuchten konnten wir 24 Patienten hier einordnen, die auf konservative Weise behandelt waren. Davon waren 13 ausschließlich einer Gipsbehandlung unterzogen worden, während 11 Patienten zusätzlich noch in Extension gelegen hatten. Bei allen Patienten lag der Unfall 2 - 10 Jahre zurück. Das Ergebnis ist in einigen Fällen umso erstaunlicher, als der Entlassungsbefund eine so günstige Prognose nicht erwarten ließ, es lagen erhebliche Zirkulationsstörungen, Parästhesien, starke Schwellneigung auch ohne Belastung und Bewegungseinschränkungen vor. Es zeigt sich, welche Bedeutung einer regelmäßigen und intensiven Nachbehandlung unter heilgymnastischer Anleitung beizumessen ist. Bis auf Stufenbildung infolge Kallusmangel und geringfügige Varus- oder Valgusstellung war die Extremität bei der äußeren Untersuchung unauffällig, die Funktion war nicht eingeschränkt.

Von den operativ behandelten Patienten zeigten neun ein sehr gutes Ergebnis, wobei siebenmal die Küntscher-Nagelung primär durchgeführt war - durchwegs bei Schrägbrüchen im mittleren und distalen Drittel. Auch die beiden anderen Patienten waren nach Küntscher genagelt, allerdings waren der Operation in einem Fall zunächst eine Behandlung in Drahtextension, nach einem Jahr wegen ausgebildeter Pseudarthrose eine Spananlagerung vorausgegangen. Infolge Unverträglichkeit der Knochenspäne wurde dann nach einem weiteren Jahr die Nagelung vorgenommen, die dann zu einem guten Resultat führte. Im anderen Fall wurde die Heilung sogar durch eine Wundinfektion verzögert, da die Wunde nicht mehr primär versorgt werden konnte. Die Verletzte wurde nur notdürftig versorgt vom Gardasee nach München transportiert, wo wir dann zunächst mit Calcaneus-Drahtextension und gespaltenen OSLG halfen. Wegen verzögerter Bruchheilung osteotomierten wir die Fibula. Eine Pseudarthrose bildete sich trotzdem aus, so daß erst die Küntscher-Nagelung unter gleichzeitiger Spananlagerung den gewünschten Effekt hatte.

Leicht hinkender Gang, die beschränkte Fähigkeit des Zehenballenganges und das Hüpfen bei vermindertert Beweglichkeit (Sprunggelenksamplitude 20 - 30 Grad, Kniegelenksamplitude 80 - 110 Grad) kategorisierten Patienten in die 2. Gruppe, die als "noch zufriedenstellend" bezeichnet werden kann. Eine deutliche Muskelatrophie sowie Schwellung um 2 - 4 cm im Seitenvergleich und Anzeichen von trophischen Störungen waren konstant vorhanden. Die Umfangmaße wurden in Höhe der Tuberositas tibiae, in Höhe des maximalen Wadenumfanges und knapp oberhalb der Malleolen genommen. Im allgemeinen wurden Parästhesien sowie Schmerzen besonders bei Wetterumschlag und nach längeren Belastungen geäußert, während die Narben auf Druck schmerzhaft reagierten. Ein Berufswechsel war in den seltensten Fällen angezeigt.

Nicht ganz die Hälfte aller Nachuntersuchten mußte in Gruppe II eingestuft werden. Es sind hierunter neun Patienten, die operativ behandelt waren; dabei ist allerdings zu bedenken, daß manchen Eingriffen bereits eine konservative Behandlung vorausgegangen war, so daß ein einwandfreies Resultat nicht mehr erreicht werden konnte. Bei diesen Patienten hatten wir drei sekundäre Küntscher-Nagelungen durchgeführt und eine primäre, die auch nicht den vollen Erfolg brachte. Vielleicht hatte dabei der Umstand eine Rolle gespielt, daß dasselbe Bein sechs Monate vorher schon einmal offen frakturiert und danach konservativ behandelt war; die normalen Verhältnisse konnten demnach bei der neuen Verletzung noch nicht wiederhergestellt sein. Die operative Behandlung war angezeigt, um eine Verschlechterung des Zustandes durch längeres Liegen im Gipsverband zu vermeiden.

Nach beiden Verschraubungen trafen wir mittelmäßige Resultate an. Wir hatten sie bei einer Frau durchgeführt, die sich in einem psychotischen Schub aus dem Fenster gestürzt und beide Beine gebrochen hatte. Das nicht einwandfreie Ergebnis dieser Behandlungsmethode ist sicher durch die erschwerte Nachbehandlung einer doppelseitigen Fraktur mitverursacht.

Drei Patienten waren mit Cerclage behandelt worden. An zwei Fällen davon zeigte sich eine zusätzliche Schwierigkeit, da der Draht infolge Kallusüberwucherung nicht mehr entfernt werden konnte.

Die Ergebnisse nach Gipsbehandlung und kombinierter Behandlung in Extension und Gips halten sich in dieser Gruppe - in Relation zur Häufigkeit ihrer Anwendung gesetzt - die Waage. Merkwürdigerweise treffen wir gerade nach Behandlung im Gipsverband eher Achsenabweichungen - Ante- und Retrokurvation, Varus- und Valgusstellung - an, obwohl wir durch das Keilen des Gipses korrigierend eingreifen können. In einem Fall

wurde das Ergebnis der Drahtextension durch eine Calcaneus-Osteomyelitis verschlechtert, die von der Drahtschußstelle ihren Ausgang nahm, in einem anderen Fall lag die Verletzungswunde in einem Ulcus cruris; es war zu erwarten, daß der Heilungsverlauf nicht allzu günstig sein würde.

Die Nachuntersuchungen zeigten auch, daß offene Fibularfrakturen nicht unbedingt komplikationslos verlaufen müssen. Ein Patient klagte über Entzündungsneigung im Bereich der Narbe. Bei den geringsten Verletzungen in diesem trophisch gestörten Gebiet träten Pusteln auf.
Nach einer Transfixation war es zur Sequestrierung, Wundnekrose und Fistelbildung gekommen, wodurch die Stabilität des Knochens so in Mitleidenschaft gezogen wurde, daß später eine Refraktur auftrat.

Ein "schlechtes" Ergebnis zeigten die Patienten, die ohne Stockhilfe und Stützapparat nicht gehen konnten. Den diffizileren funktionellen Anforderungen konnten sie nicht nachkommen, da die Beweglichkeit in benachbarten Gelenken stark reduziert war (Sprunggelenk weniger als 20 Grad, Kniegelenk bis 90 Grad). Stärkere Muskelatrophie, beträchtliche Umfangzunahme mit einem größeren Unterschied als 4 cm, Durchblutungsstörungen, die das Bein cyanotisch verfärbten und stellenweise zu Nekroseherden im ehemaligen Wundbereich führten, waren feststellbar. Häufig ließ sich aus hartnäckigen Fisteln, die sich teilweise vorübergehend zurückzubilden schienen, noch mehrere Jahre nach dem Unfall Sekret exprimieren. Spontanschmerz der Narben wurde in allen Fällen angegeben. Alle Patienten klagten über Dauerschmerz in ihrem Bein und waren gezwungen, nach ihrem Unfall einen neuen Beruf mit sitzender Tätigkeit auszuüben. Sämtlich waren sie einer konservativen Behandlung unterzogen worden.

Ein Kranker dieser Gruppe, der gelernter Metzger war, konnte ins Droschkengewerbe umsatteln, nachdem sein Fahrzeug mit der notwendigen automatischen Schaltung ausgestattet war. Ein anderer, noch jüngerer Mann leidet seit der Verletzung unter einer ausgeprägten Varicosis an beiden Beinen. Infolge der Thrombophlebitis, die sich wechselseitig am gesunden und am verletzten Bein zeigt, hat er seither bereits zwei Lungenembolien durchgemacht. Sein Torsionsbruch im distalen Drittel des Unterschenkels war nach manueller Reposition im gespaltenen Gipsverband ruhiggestellt.

Ebenso war bei den anderen Patienten, die ein schlechtes Resultat zeigten, eine konservative Behandlung vorausgegangen. Bei dem erwähnten Taxifahrer brachten auch mehrfache, erst später durchgeführte Operationen keine Besserung, nachdem er eine rechtzeitige operative Behandlung abgelehnt hatte. Ein besonders schlechtes Endergebnis lag bei einem 31jährigen Mann (Unfall

mit 25 Jahren) vor dessen Bein im OSLG ohne Drahtextension geschient war: Hüftgelenksversteifung infolge Arthrodese nach verkannter Luxation Wackelknie, Fibularislähmung und eine beträchtliche Verkürzung des Beines schränken die Bewegungsmöglichkeiten dieses - noch dazu pyknischen - Patienten erheblich ein.

Bei einem gleichaltrigen Mann der seinerzeit auswärts einen OSLG erhalten hatte, dann bei uns noch in Extension gelegt wurde, mußten wir feststellen, daß sich die nach einer Osteomyelitis gebildete Fistel in nunmehr sieben Jahren immer noch nicht geschlossen hatte und stark sezernierte. Alle bisherigen therapeutischen Maßnahmen brachten keine Ausheilung.

Die kritische Würdigung der von Patienten schriftlich gegebenen Antworten bestätigen unser Ergebnis, die höhere Erfolgsquote nach Operationen, speziell nach Küntschernagelung, und die häufiger nach konservativer Behandlung zurückbleibenden Komplikationen. Vergleiche dazu die Übersichtstabelle:

Behandlung	konservativ	operativ
Gruppe I	29,4 %	11,2 %
Gruppe II	38,3 %	11,2 %
Gruppe III	9,9 %	---

Tabelle 7

Bei dieser Gegenüberstellung ist immer die Tatsache zu bedenken, daß die Ergebnisse dadurch zugunsten der konservativen Behandlung verbessert werden, daß bei leichteren offenen Unterschenkelbrüchen - z.B. der Fibulafraktur - ein operatives Vorgehen gar nicht erst in Erwägung gezogen und von vornherein konservativ behandelt wird. Diese Indikation ist zwar völlig in Ordnung, aber sie ergibt eben eine a priori zur konservativen Seite tendierende Verschiebung. Diese wurde auch durch jene Personen nicht ausgeglichen, die wegen ihres fortgeschrittenen Alters und ihres schlechten Allgemeinzustandes für einen operativen Eingriff nicht in Frage kamen und nach konservativer Therapie ein mangelhaftes Resultat aufwiesen. Anderer-

seits ist daran zu denken, daß das Konto "operativ Behandelte" durch solche Fälle belastet wird, die vorher bereits einer konservativen Behandlung unterzogen waren, und daß nun ein einwandfreies Ergebnis nicht mehr erreicht werden konnte.

Von denjenigen Patienten mit noch zufriedenstellendem Resultat, deren Unfälle nicht viel mehr als ein Jahr zurückliegen, erhoffen wir uns durch intensive Nachbehandlung noch eine Besserung.

Schlußfolgerungen:

Zur Therapie der in dieser Arbeit abgehandelten offenen Unterschenkelfrakturen stehen konservative und operative Verfahren zur Verfügung.

Fehlerfreie Statistiken eines größeren Krankengutes können zwar die Vorzüge eines einzigen Verfahrens aufzeigen; hieraus läßt sich aber die bestmögliche Behandlung für die verschiedenen Bruchformen nicht herleiten. Voraussetzung für die bestmögliche Form der Versorgung ist die Beherrschung der Technik der konservativen und operativen Methoden. Eine dem entsprechenden Fall angepaßte Indikationsstellung ist unbedingt notwendig.

Welche Schwierigkeiten die genaue Indikation bereitet, beweisen die Fälle, die nach konservativer Behandlung noch operiert werden mußten. Solche Stellungskorrekturen, die noch immer eine mehr oder minder weitgehende Irritation der Komplikationswunde bedeuten, bringen natürlich die Gefahr der Sekundärinfektion mit sich und damit ein ungünstigeres Endresultat.

Tabelle 8 zeigt das Behandlungsergebnis in Abhängigkeit von der Bruchform und dem gewählten Verfahren.

	Calc. OSLG	OSLG	Schiene	Trans-fixation	Küntsch. Nag.	Cercl.	Ver-schrau-bung
Schrägbruch	oooo oooo xxxx xxxx ..	oooo xxx .			ooooo xx	x	
Querbruch	oo xx .	oooo xxx xx	x	x	o x		
Trümmerbruch	o xxxxx .	o x .			oo x	xx	xx
Stückbruch	oo xxx ..	oo xx	x		o		

Sehr gut = o zufriedenstellend = x schlecht = .

Tabelle 8

Gewarnt werden muß vor voreiligen Schlüssen bei Betrachtung dieser Zusammenstellung ! Die vereinfachende Aussage liegt auf der Hand, daß Querbrüche am zweckmäßigsten nur im Gipsverband behandelt werden, und daß bei Schrägbrüchen die Nagelung die beste Gewähr für eine günstige Prognose gibt.

Durch die operative Behandlung wird eine schnellere Mobilisation der betroffenen Extremitäten herbeigeführt. Daher muß eine erforderliche Operation möglichst sofort vorgenommen werden. Sie ist indiziert, wenn ein wesentlich besseres Ergebnis zu erwarten ist als nach konservativer Reposition.

Eindeutig erscheint die Indikation zur Osteosynthese bei doppelseitigen Unterschenkelbrüchen, was wir achtzehnmal beobachteten. Wie schon erwähnt, waren davon die Hälfte beiderseitig offen, die bis auf drei Fälle operativ versorgt wurden. Bei den mit Fersenbeindrahtextension und Gipsverband behandelten Patienten ließ der Allgemeinzustand die Operation nicht zu; so starben noch zwei von ihnen in den Tagen nach der Einlieferung.

Da es bei den doppelseitigen Frakturen besonders auf eine frühe Belastungsstabilität ankommt, ziehen wir die Nagelung einer Druckplattenosteosynthese vor, mit der man eine Übungsstabilität erreichen kann.

In einem Fall führten wir an beiden Beiden eine Osteosynthese mit Zugverschraubung und Kirschnerdraht durch. Diese Methode halten wir jedoch nur in den Fällen für indiziert, in denen die Besonderheit der Verletzung zu diesem Kompromiß nötigt.

Die Küntscher-Nagelung, die wir in überwiegendem Maße offen durchgeführt haben, erscheint uns geeignet für Quer- und kurze Schrägbrüche im oberen und mittleren Drittel - nach Rehm im Bereich der Markenge und oberhalb davon. Zu beachten ist dabei allerdings die Gefahr von Torsionsfehlern. Selbst bei offenen Küntscher-Nagelungen verzichten wir häufig auf die zusätzliche Fixierung der Bruchfragmente durch Drahtschlingen, Spickung etc. Dabei ist es aber unbedingt nötig, diese Frakturen für vier bis sechs Wochen im Gipsverband ruhigzustellen.

Bei offenen Brüchen des körperfernen Tibiaschaftes scheint uns die Küntscher-Nagelung weniger geeignet. Da erfahrungsgemäß aufgrund schwächerer Vaskularisation Frakturen oberhalb der gelenknahen Spongiosa häufig mit verzögerter Bruchheilung einhergehen, ist die operative Behandlung und zwar die Druckplattenosteosynthese indiziert.
Die Druckosteosynthese wenden wir vereinzelt auch bei Doppelfrakturen an, wenn die Distanz der Bruchlinien nicht zu groß ist.

Sonst sollten Stückbrüche unter Kontrolle des Röntgenbildwandlers manuell reponiert werden.

Mit der Cerclage haben wir bei offenen Unterschenkelfrakturen schlechte Erfahrungen gemacht.

Gute Erfolge hatten wir bei Querbrüchen mit der Behandlung im ungepolsterten, gespaltenen Gipsverband. Bei einer Ruhigstellung für acht bis zehn Wochen ist ein bleibender Funktionsausfall der benachbarten Gelenke nicht zu befürchten.

Besonders offene Trümmerbrüche stellt man am zweckmäßigsten durch eine Kombination von Gipsverband und Drahtextension ruhig. In schwierigen Situationen wird hier jedoch eine primäre oder sekundäre Amputation nicht zu vermeiden sein.

Zur konservativen Behandlung nötigen uns auch jene Brüche, die mit Riß-Quetschwunden großen Ausmaßes einhergehen. In diesen Fällen verbietet sich jeder über die Wundversorgung hinausgehende operative Eingriff.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit bringt eine orientierende Darstellung über Entstehungsmechanismen, Diagnose und Behandlungsmethoden offener Unterschenkelfrakturen.

Eingehend wird über die Probleme der Frakturheilung berichtet unter Hinweis auf neueste Untersuchungen an neutronenaktivierten Metallen und auf Vorgänge bei der Schwingungsrißkorrosion. Die bei offenen Frakturen nicht zu vernachlässigenden Weichteilzerstörungen werden speziell erörtert.

Von 1956 bis 1965 wurden am Krankenhaus rechts der Isar 196 Patienten mit offenen Unterschenkelfrakturen behandelt, bei denen konservative und operative Verfahren im Verhältnis 2,25 : 1 angewandt wurden. Es wird hervorgehoben, daß namentlich in den letzten Jahren die operative Behandlung in den Vordergrund rückte. Neben dem Verfahren, wie es die Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese angegeben hat, kommt an unserer Klinik bei offenen Unterschenkelbrüchen besonders die Küntscher-Nagelung zur Anwendung. Unter Berücksichtigung der niedrigen Komplikationsquote und des kürzeren Krankenhausaufenthaltes werden die Vorzüge der Operation gegenüber der konservativen Methode deutlich. Zu diesem Ergebnis führen auch die Nachuntersuchungen, die bei mehr als der Hälfte aller Patienten klinisch durchgeführt werden konnte.

Eine individuelle Indikationsstellung ist allerdings in jedem Fall notwendig. Sie ist nicht nur von der Art des Bruches, d.h. vom lokalen Befund abhängig, sondern auch vom allgemein-chirurgischen Status. Wegen der Notwendigkeit eines ausreichenden Instrumentariums und eines gut ausgebildeten Klinikpersonals sollte die operative Versorgung offener Unterschenkelfrakturen nur einem erfahrenem Chirurgen vorbehalten bleiben.

Herrn Professor Dr. med. G. MAURER danke ich für die bereitwillige Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Herrn Dr. med. H. SCHERER gilt für seine freundliche Unterstützung mein besonderer Dank.

LITERATURVERZEICHNIS

ANDREESEN, R.: Gipsbehandlung bei frischen Unterschenkelbrüchen. Langenbecks Archiv und Dtsch. Z. Chir. 276, 188-190 (1953)

ARENS, W.: Zur Behandlung schwerer offener Unterschenkelbrüche. Mschr. Unfallheilk. 60, 276-282 (1957)

BAUMGÄRTL: Zur Frage der prim. Osteosynthese offener Frakturen. Deutsche Med. Journal, Heft 6, 17. Jahrgang (1966)

BECKER, F.: Verzicht auf Fixation des Kniegelenkes bei operativer Osteosynthese (Drahtringnaht) der Torsionsfraktur des Unterschenkels. Z. Unfallmed. und Berufskrankh. 44 (1951)

BENNINGHOFF-GÖRTLER: Anatomie des Menschen. Bd. I

BLASCHKE, P.: Homoioplastische Transplantation bei verzögerter Heilung von Unterschenkelbrüchen. Langenb. Archiv und Dtsch. Z. Chir. 276, 180-185 (1953)

BÖHLER, L.: Unterschenkelschaftbrüche, Langenb. Archiv und Dtsch. Z. Chir. 276, 192-217 (1953)

BÖHLER, BARTL, ENDER: Bericht über die bei 3308 Unterschenkelbrüchen erzielten Behandlungsergebnisse. H. z. Unfallheilk. Herausgegeben von A. Hübner, Handbuch 54 (1957)

BOEVE, J.: The treatment of pseudarthrosis of the forear and the distal part of the leg. Arch. chir. neerl. 10, 273-285

EHALT, W.: Erfahrungen bei der Marknagelung offener Unterschenkelbrüche. Archiv orthop. Unfallchir, 44, 500-513 (1951)

FICK, K.F.: Ergebnisse von 921 mittels Marknagel nach Küntscher versorgter Unterschenkelbrüche. Mschr. Unfallheilk. 60 (1957)

GEISER, M.: Krit. Bemerkungen zur Frage der Cerclage von Torsions- und Schrägfrakturen d. Schaftknochen. Schweiz. Med. Wo-Schrift, 88. Jahrgang, Nr. 6 (1958)

HÄBLER, C.: Die Behandlung offener Knochenbrüche. Der Chirurg (1932)

HÄUPTLI, O.: Unsere Erfahrungen mit der Cerclage der Unterschenkelfrakturen, Zbl. Chir. 81, 1893-1900 (1956)

HERZOG, K.: Eignung dicker Marknägel zur Behandlung von Tibiapseudarthrosen. Chirurg 31, 21, (1960)

HITZROTH, J.M.: Fractures of both bones of the lower leg. Surg. 7. americ. med. Assoc. 92, 282-285 (1929)

HOHMANN, HACKENBROCH, LINDEMANN: Handbuch der Orthopädie, Bd. IV, Thieme 1961

HUWYLER, J.: Die Pseudarthrose nach Cerclage der Unterschenkelfraktur Z. Unfallmed. und Berufskrankh. 49, 152-156, (1956)

KARNBAUM: Behandlungsergebnisse bei 2856 komplizierten Unterschenkelfrakturen. Mschr. Unfallheilk. 67, Jahrg., Heft 12, 501-513 (1964)

KROTSCHEK. Behandlungsergebnisse der offenen frischen Unterschenkelschaftbrüche. Verh. dtsch. orthop. ges. (Beilageheft, Z. Orth. Bd. 84, 191-193 (1954))

KÜNTSCHER, G.: Geschlossene Marknagelung des Unterschenkels. Chirurg. Praxis, Heft 1, 73-78 (1957)

KÜNTSCHER, G.: Das Callusproblem. Arch. Orthop. Unfallchir. 49, 1 (1957)

KÜNTSCHER, G.: Pseudarthrose nach Marknagelung, Z. Orthop. 87, 225 (1956)

KÜNTSCHER, G.: Die Marknagelung, Berlin: W. Springer (1962)

KÜNTSCHER, G.: Zur Marknagelung des Trümmerbruches. Chirurg. 31, 503 (1960)

LANE: The operative treatment of fractures. Edition London 1914

LECHNER, F.: Konservative und operative Behandlungsmöglichkeiten bei Stauchungsbrüchen des distalen Unterschenkels. Vortrag 22. Bayr. Chir. Tagung, München 1964

LECHNER: Beitrag zur Behandlung der Fettembolie. Med. Monatsschrift, Jahrgang 13, Heft 10 (1959)

LECHNER, SCHUSTER: Die Fettembolie und ihre gezielte Behandlung mit essentiellen, phospholipiden (EPL-Substanz) Chir. Praxis (1963)

LEEMANN, R.: Indikation und Technik der Cerclage bei Unterschenkelfrakturen. Helvet. chir. acta 21, 480 - 492 (1954)

LUNGMUSS, F.: Die verzögerte Knochenbruchheilung bei Unterschenkelbrüchen und ihre Behandlung. Arch. orthop. Unfallchir. 46 (1954)

MAKOWSKY, L.: Nagelung schwieriger Unterschenkelschaftbrüche mit starren Küntschernagel. Hefte Unfallchir. H. 48, 267-270 (1955)

MAURER, G.: Das Sudecksche Syndrom und seine Behandlung. Regensburger Jahrbuch für ärztliche Fortbildung V. (1956)

MAURER, G.: Zur Prophylaxe und Behandlung der Fettembolie. Extrait du Vingtième Congrès de la Societé Internationale de Chirurgie, Rome 1963

MAURER, G.: Die freien Transplantationen im Rahmen der primären Wundversorgung.

MAURER, G.: Zur Klinik des Gasödems. Wehrmedizinische Monatsschrift 1/1966, 10. Jahrgang

MAURER-LECHNER: Allgemeines über Knochen und Gelenke sowie Frakturen und Luxationen. Handbuch der ges. Unfallheilk. Bürkle de la Camp und Schwaiger, III. Auflage (1963)

MÜLLER, M.E.: Zur Druckosteosynthese. Z. Unfallmed. Berufskrankh. 49 (1956)

MÜLLER, ALLGÖWER, WILLENEGGER: Technik der operativen Frakturenbehandlung, I. Auflage (1963)

PERNKOPF, E.: Topograph. Anatomie, Bd. II, 2. Hälfte. Urban und Schwarzenberg (1943)

REHM, HIERHOLZER: Verschiedene Verfahren zur Behandlung der Schienbeinbrüche und ihre Indikationen. Bruns Beiträge 2. Klin. Chir. Bd. 211 (1965)

RICKER: Physiologie der Knochenbruchheilung. Dtsch. Med. Wo-Schrift, 77. Jahrgang Nr. 25, 808-811 (1952)

ROSENFELD, W.: Die Fibula als Sperrknochen. Zbl. Chir. 82 (1957)

RUSH-GELBKE: Atlas der intramedull. Frakturfixation. Joh. Ambrosius Barth, München (1957)

SCHUMPELIK, JANTZEN: Ergebnisse der Behandlung von Unterschenkelbrüchen mit der Drahtumschlingung. Bruns Beitrag z. Chir., Bd. 187, H. 2 (1953)

SCHWIER, V.: Osteosynthese von Unterschenkelbrüchen mit knöchernen Schrauben, Mschr. Unfallheilk. 61, 234-239 (1958)

SENFF: Die Gefahren der Fettembolie bei der Marknagelung nach Küntscher Originalmitteilungen

SPÄHM, H.: Arbeiten zur Schwingungskorrision. Referat zum 131 Dechama-Kollegium (1966)

TÄGER: Untersuchungen über die Osteosynthese mit Metallen. Habilitationsarbeit.

WADE, P. A.: Open versus closed methods in treating fractures of the leg.
Americ. J. Surg. 95, 599-616 (1958)

WADE, CAMPBELL: Fractures of the shafts of both bones of the lower leg.
Surg. Clin. N. Americ., 531-544 (1951)

WACHSMUTH, R.: Cerebr. Fettembolie nach Unterschenkelfraktur und akute Psychose.
Med. Mschr. 8, 736-739 (1954)

WEICKHARDT, BRÜCKNER, RUHLAND: Erfahrungen in der Behandlung von Unterschenkelfrakturen.
Zbl. Chir. 81, 1893-1900 (1956)

WIENERT, WITTELER: Die Schaftbrüche der unteren Extremität.
Beitr. z. klin. Chir. (1932)

WELLER: Zur Erstversorgung von Frakturen und Gelenkverletzungen.
Wehrmed. Monatsschrift, 10. Jahrgang, Heft 10 (1966)

ZENKER, R. und GROLL, F.: Erfahrung mit örtlicher Anwendung von Penicillin und Marbadal zur Verhütung und Behandlung von Infektionen.
Archiv Klin. Chir. 264, 190 (1950)

ZRUBECKY: Die Marktdrahtung, einfache Osteosynthese zur Versorgung von unstabilen Unterschenkelbrüchen.
Klin. Med. 10 (1955)

ZRUBECKY: Bedeutung der Seitenverschiebung für die Wund- und Knochenbruchheilung beim offenen Unterschenkelbruch. Archiv orthop. Unfall Chir. 47, 307-313

LEBENSLAUF

Am 24. März 1940 wurde ich in Celle geboren. 1947 in Celle eingeschult, besuchte ich - nach zweijährigem zwischenzeitlichen Aufenthalt in Bramsche bei Osnabrück - von 1951 an das Humanistische Gymnasium in Celle. Dort legte ich 1960 die Reifeprüfung ab.

Bis Ostern 1962 leistete ich eine zweijährige Militärzeit ab, in deren Zuge ich am 1. Oktober 1961 mein Offizierspatent erhielt.

Anschließend begann ich mein Medizinstudium an der Justus-Liebig-Universität in Giessen, wo ich die vorklinischen Semester absolvierte. Nach der ärztlichen Vorprüfung studierte ich in Innsbruck und ab 1965 an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, wo ich das medizinische Staatsexamen am 18.12.1967 beendete.

Ein Vierteljahr habe ich auf der chirurgischen Abteilung des Evangelischen Krankenhauses in Holzminden famuliert, während ich eine internistische Famulatur an den Lazaretten in Kempten (acht Wochen) und München (vier Wochen) ableistete.

Seit August 1965 bin ich mit der Medizinstudentin Angelika Sprengel verheiratet; wir haben eine Tochter und einen Sohn.